МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ



В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

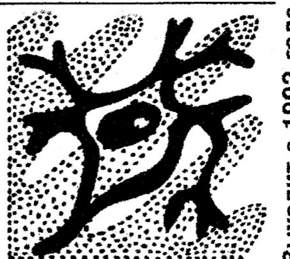
1 (37)
2005

В НОМЕРЕ:

Экспериментальные исследования биологических эффектов КВЧ-воздействия

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 47816 В КАТАЛОГЕ "РОСПЕЧАТЬ": ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ

МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ



Выходит с 1992 года

Научно-практический журнал

Содержание

№ 1 (37) **2005**

ИЗ ИСТОРИИ



С чего всё начиналось? 4
Бецкий О.В.

СТАТЬИ



Биохимические механизмы взаимодействия транс-резонансных радиоволн с водными и биологическими средами 7
Петросян В.И., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.

The biochemical mechanisms of the TR radio waves impact on water and biological environments
Petrosyan V.I., Duboviskii S.A., Vlaskin S.V., Blagodarov A.V., Melnikov A.N.

Резонансные свойства и структура воды 18
Петросян В.И., Майбородин А.В., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.

The resonance properties and the structure of water
Petrosyan V.I., Maiborodin A.V., Dubovickiy S.A., Vlaskin S.V., Blagodarov A.V., Melnikov A.N.

Синтетическая активность лимфоцитов крови: влияние излучения миллиметрового диапазона 32
Чуян Е.Н., Махонина М.М.

The synthetic activity of rat's blood lymphocytes: the influence of microwaves
Chuyan E.N., Makhonina M.M.



Биоэлектрическая активность мозга у крыс при действии микроволнового излучения и других внешних факторов 41
Сидоренко А. В., Солонович Н. А.
Rat's bioelectric activity under EHF exposure and other external factors
Sidorenko A.V., Solonovich N.A.



Функциональная активность Ca^{2+}-зависимых K^{+}-каналов эритроцитов в различные сроки после многократного облучения организма низкоинтенсивными электромагнитными волнами ММ-диапазона 50
Григорян Д.С., Малакян М.Г., Баджинян С.А.
The functional activity of erythrocyte Ca $^{2(+)}$-activated K^{+} channels in different periods of post multiple low intensity EHF exposure
Grigoryan D.S., Malakyan M.H., Bajinyan S.A.



Компьютерный анализ в ТРФ-топографии для дифференциации и локализации очагов патологии в маммологии и пульмонологии 56
Терехов И.В., Петросян В.И., Никитина Е.Б., Плохов В.Н., Громов М.С., Кошкин А.В., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.
The computer analysis in TRF topography for differentiations and localizations of pathologic foci
Terechov I.V., Petrosyan V.I., Nikitina E.B., Plochov V.N., Gromov M.S., Dubovickiy S.A., Vlaskin S.V., Blagodarov A.V., Melnikov A.N.

Учредитель: ЗАО «МТА-КВЧ»
Моховая ул., д.11, корп.7, Москва, К-9, ГСП-9, 103907
ИРЭ РАН для ЗАО «МТА-КВЧ»
Тел.: (095) 203-47-89
Факс: (095) 203-84-14
E-mail: ehf@cplire.ru

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации.
Свидетельство о регистрации № 0110708 от 27 мая 1993 г.
Лицензия на издательскую деятельность № 001995, серия ИД № 01887, код 221 от 30.05.2000 года.



С глубоким прискорбием сообщаем нашим читателям, что 20 декабря 2004 года на 78 году жизни ушла из жизни Татьяна Борисовна Реброва. Талантливый инженер в области СВЧ и КВЧ техники Т.Б. Реброва входила в узкий круг тех учёных и инженеров, которые во главе с академиком Н.Д. Девятковым, профессорами М.Б. Голантом и Э.А. Гельвичем закладывали основы миллиметровой (крайне высокочастотной) терапии.

Вся творческая жизнь Татьяны Борисовны была связана с ведущим в нашей стране научно-исследовательским институтом в области электронной техники «Исток» (г.Фрязино). До выхода на пенсию Т.Б. Реброва работала заведующей лабораторией в этом Институте. Неоценим вклад Татьяны Борисовны в техническое обеспечение экспериментальных исследований и интерпретацию результатов научно-исследовательских работ, которые проводились в 70-е годы прошлого века во Всесоюзном онкологическом научном центре (ВОНЦ АМН, г. Москва) под руководством А.З. Смолянской и Л.А. Севастьяновой. Большой личный вклад внесла Т.Б. Реброва в обеспечение экспериментальных работ, которые выполнялись на биологическом факультете МГУ, промышленных предприятиях МЭП и в высших учебных заведений СССР в рамках научно-исследовательских работ, проводимых этими организациями по заказу и совместно с НИИ «Исток». Т.Б. Реброва является автором прекрасных научных обзоров по результатам экспериментальных работ в области применения низкоинтенсивных миллиметровых волн в биологии и медицине.

Все, кто обращался к Татьяне Борисовне с какими-либо просьбами, всегда будут помнить её приветливую улыбку, отзывчивость и готовность помочь своим коллегам.

Мы навсегда сохраним в наших сердцах память об этой прекрасной женщине и выдающемся специалисте в области миллиметровой биологии и медицине.

Редколлегия

С чего всё начиналось?



Бецкий О.В.

ЗАО «МТА-КВЧ», г. Москва

Нас всегда интересовали детали возникновения того нового междисциплинарного научно-технического направления, которое сейчас известно как миллиметровая (крайне высокочастотная) терапия. При каких обстоятельствах и когда возникла идея об использовании низкоинтенсивных миллиметровых волн в биологии и медицине? Всем нам хорошо известно, что прежде всего усилиями советских учёных и инженеров был полностью освоен миллиметровый и субмиллиметровый диапазоны электромагнитных волн – последнее «белое» пятно на шкале электромагнитных волн. Конечно, до сегодняшнего дня мы располагали достоверной информацией о том, что всё начиналось в НИИ «Исток» (г. Фрязино, Московская область) в середине 60-х годов прошлого века. В эти годы немало научных коллективов работали над проблемой освоения миллиметрового диапазона длин волн в интересах прежде всего радиолокации, радионавигации и других технических дисциплин.

У нас в стране общее руководство научным направлением по освоению миллиметрового диапазона длин волн было возложено на Н.Д. Девяткова - будущего академика, хорошо известного в стране специалиста в области СВЧ электроники, научного руководителя НИИ «Исток». И именно отечественным учёным под руководством Н.Д. Девяткова и М.Б. Голанта удалось осуществить существенный прорыв в этом направлении.

Оригинальные исследования в этом направлении были проведены также в 1954 г. в только что основанном новом институте АН СССР Институте радиотехники и радиоэлектроники АН СССР (сейчас – ИРЭ РАН). Инициатором этих работ был один из основателей этого Института – заведующий отделом СВЧ электроники Н.Д. Девятков. В ИРЭ в относительно короткое время был проведен цикл теоретических и экспериментальных исследований, показавших возможности создания усилителей и генераторов с использованием плазмы газового разряда, пронизываемого электронным потоком. Выяснилось, что в такой среде существовали медленные, объемные электромагнитные волны с аномальной дисперсией – обратные волны. При распространении таких волн векторы фазовой и групповой скоростей волны направлены противоположно. Если через такой плазменный цилиндр пропустить электронный пучок со скоростью электронов порядка фазовой скорости волны, то при некотором критическом значении тока в системе возникнет генерация электромагнитных колебаний. Этот принцип взаимодействия электронного потока с замедленной электромагнитной волной был хорошо известен специалистам в области электроники СВЧ. Электроны движутся почти синхронно с фазой волны, отдавая свою энергию, а энер-

гия волны движется навстречу пучку, обеспечивая обратную связь. На таком же принципе предполагалось создать и первый плазменно-пучковый генератор миллиметрового диапазона. Эти работы проводились в ИРЭ в лаборатории, возглавляемой З.С. Черновым. Однако по результатам первых экспериментов исследователей ожидал сюрприз: вместо предполагаемой монохроматической генерации электронный пучок в плазменном столбе генерировал широкополосные шумы. В дальнейшем работы в ИРЭ стали проводиться исключительно в области разработки широкополосных генераторов шума в СВЧ диапазоне в лаборатории, возглавляемой В.Я. Кисловым.

Побудительным мотивом для поиска нестандартных областей применения электромагнитных волн нового осваиваемого диапазона длин волн и послужила разработка уникальных приборов в СВЧ диапазоне – знаменитых ламп обратной волны с продольным магнитным полем (ЛОВ-О).

Меня долгое время не покидала мысль о том, чтобы взять небольшое интервью у старейшего сотрудника НПО «Исток» Гельвича Эдуарда Альбертовича, с которым я знаком почти 40 лет и который входил в круг ближайшего научного окружения Н.Д. Девяткова.

Кроме того, Э.А. Гельвич известен у нас в стране и за её рубежами как один из инициаторов разработок оригинальной радиоэлектронной аппаратуры для лечения онкологических больных – электромагнитной гипертермии в СВЧ диапазоне. Повод представился неожиданно: в январе настоящего года Эдуард Альбертович отметил 80-е со дня рождения. Узнав об этом совершенно случайно и поздравляя Эдуарда Альбертовича со знаменательной датой, я напросился на небольшое интервью.

Из ответов Э.А. Гельвича на заданные ему вопросы выяснилось немало интересных фактов.

На вопрос о том, как же возникла идея о необычных свойствах миллиметровых волн и возможной роли этих волн в функционировании живых систем, последовал следующий интересный рассказ. В середине 60-х годов разработка миллиметровых генераторов - ламп обратной волны велась в лаборатории, которой руководил М.Б. Голант. Во время очередной проверки рабочих помещений сотрудники отдела гигиены труда и профзаболеваний обратили внимание на то, что в помещениях лаборатории, где испытывались ЛОВы, количество патогенных микроорганизмов значительно меньше, чем в других помещениях. Следовательно, микроорганизмы отреагировали на «случайное» присутствие в воздушной среде электромагнитных волн миллиметрового диапазона вследствие не очень хорошей экранировки элементов волноведущего тракта. Учёные не могли не обратить внимание на такой экспериментальный факт; далее последовало многократное и заинтересованное обсуждение этого вопроса в кабинете научного руководителя предприятия Н.Д. Девяткова. Н.Д. Девятков привлекал обычно для обсуждения интересных проблем отдельных руководителей научных подразделений Института. В числе приглашенных на такие узкие «семинары» были М.Б. Голант и Э.А. Гельвич. Именно эти учёные и сформулировали ряд оригинальных гипотез, которые легли в основу будущего научного направления. Надо отдать должное скромности Э.А. Гельвича: мне приходилось неоднократно встречаться с Эдуардом Альбертовичем по разным вопросам, но он никогда не проронил ни слова об участии в той «кухне», в которой созревали идеи о применении низкоинтенсивных электромагнитных

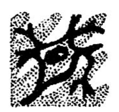
волн в биологии и медицине. Это только сейчас я обратил внимание на то, что в первых основополагающих публикациях (1972–1981гг.) по миллиметровой медико-биологической тематике фамилии Н.Д. Девяткова, М.Б. Голанта и Э.А. Гельвича стоят рядом. Привлекались и выпускники Ленинградского Политехнического Института (который окончили и Н.Д. Девятков, и Э.А. Гельвич) для работы в «Истоке» над перспективной миллиметровой тематикой. К сожалению, почти никого из талантливых молодых специалистов не удалось по разным причинам оставить для работы в «Истоке». Среди молодых специалистов Эдуард Альбертович особенно выделяет Дмитрия Гольдгабера, который прекрасно справился с порученной ему разработкой прецизионной установки, позволившей с высокой точностью перестраивать длину волны излучения ЛОВ с фиксированным шагом в пределах 0,01-0,03 мм. Это позволило впервые надёжно определить хорошо воспроизводимые резонансные частоты индукции синтеза колицина кишечной палочки в знаменитых экспериментах А.З. Смолянской, а также в серии экспериментов Л.А. Севастьяновой, выполненных на лабораторных животных.

Как известно, для работы по новой миллиметровой тематике Н.Д. Девятков привлёк в первые годы немало медицинских организаций, многие из которых работали совместно с НИИ «Исток» по единым тематическим планам. Здесь можно назвать несколько ключевых имён специалистов из различных научных центров СССР: А.В. Недзвецкий, И.С Черкасов., В.Н. Запорожан (г. Одесса), А.З Смолянская., Л.А. Севастьянова, С.Д. Плетнёв, Р.К. Кабисов, Ю.Ф. Каменев (г. Москва), Н.П. Залюбовская, Р.И. Киселёв, В.Я. Малеев (г. Харьков), Л.Г. Гассанов, И.В. Звершховский. М.Н. Пойгина (г. Киев), В.И. Гайдук, Т.Б. Реброва, А.М. Храпко (г. Фрязино), И.Н. Фасахов (г. Нижний Тагил), Л.Н. Гончарова, Г.М. Шуб (г. Саратов) и т.д.

Э.А. Гельвич отметил решающий вклад в проведение первых экспериментальных исследований по миллиметровой тематике Т.Б. Ребровой, Р.Л. Виленской, А.К. Брюховой и А.М. Храпко - сотрудников НИИ «Исток».

К началу 70-х годов в различных организациях страны был накоплен большой экспериментальный материал по взаимодействию низкоинтенсивных миллиметровых волн с различными биологическими структурами и уже можно было ознакомить научную общественность с основными результатами по этой тематике. Итоги этой работы были подведены на научной сессии Отделения общей физики и астрономии АН СССР, которая состоялась в октябре 1973 года. После этой сессии в различных странах мира был поставлен ряд оригинальных экспериментов (США, Германия, Франция и др.). Научные исследования в этом направлении продолжаются и в наше время.

Биохимические механизмы взаимодействия транс-резонансных радиоволн с водными и биологическими средами



Петросян В.И., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.

Компания «Проект «Новые технологии» (P.N.T.)», г. Саратов

Обсуждаются процессы воздействия резонансных волн радио-прозрачности (трансляции, ТР радиоволны) на метаболические реакции окисления углеводородов в организме. Обосновывается связь диагностических параметров в методе Транс-резонансной функциональной топографии с активностью процессов метаболизма в органах и системах организма и энтропией в физико-химических и биологических системах.

Под транс-резонансными (ТР) радиоволнами подразумеваются обнаруженные в [1, 2] низкоинтенсивные радиоволны резонансной радио-прозрачности воды и биосред, которые «транслируются» как в их объем, так и из их объема. Технологии, использующие ТР-волны, назовем ТР- технологиями. Взаимодействие ТР- волн с организмом имеет много общего с воздействием волн резонансного поглощения (абсорбции) на молекулах воды и кислорода, используемых в КВЧ-технологиях [3-5]. Но по многим вопросам молекулярных механизмов взаимодействия с биосредами имеются расхождения.

На применении ТР-радиоволн разработан на принципиально новый диагностико-терапевти-ческий радиоэлектронный комплекс, так называемый «Транс-резонансный функциональный (ТРФ) топограф» [6]. Диагностико-терапевтические процедуры методом ТРФ-топографии проводятся по классическим топографическим областям тела пациента, чем и обусловлено название «топограф». В ряде клиник и институтов топограф уже используется. Поэтому необходимо обсудить на начальном этапе хотя бы в общих чертах связь биохимических механизмов жизнедеятельности организма с радиофизическими показателями в ТРФ топографии и дать им объяснение на основе приемлемых молекулярных моделей водной компоненты биосреды.

Топограф включает генератор ММ-радиоволн, приемную аппликаторную полосковую ДМ-антенну, объединенные в единый модуль, радиометрический высокочувствительный ДМ приемник, систему приема и обработки информации, РС компьютер и программное обеспечение. В топографе одновременно используются две ТР-радиоволны – одна ММ-диапазона плотностью мощности $\leq$ 10мВт/см^2 частотой 65 ГГц (длина волны 4,6 мм), другая - ДМ диапазона плотностью мощности ~10^{-15}-10^{-14} Вт/см^2 частотой 1 ГГц (длина волны 3 дм). Первая – зондирующая, вторая – информационная, представляющая собой ДМ радиоотклик организма на воздействие зондирующих ММ-волн. Такое междиапазонное пре-

образование частоты ММ→ДМ связано с молекулярно-структурным состоянием водной компоненты биосреды и отражает активность метаболических реакций окисления. Далее об этом и пойдет речь.

Принимаемый СВЧ радиометром сигнал радиоотклика с обследуемых топографических областей тела несет информацию о функциональном состоянии диагностируемых органов и систем организма. Если амплитуда сигнала выходит из коридора нормы в сторону завышения, то это указывает на гиперфункцию (воспалительные, регенеративные процессы), если же в сторону занижения – то это свидетельствует о гипофункции (гнойных, дегенеративных процессах) – рис.1.

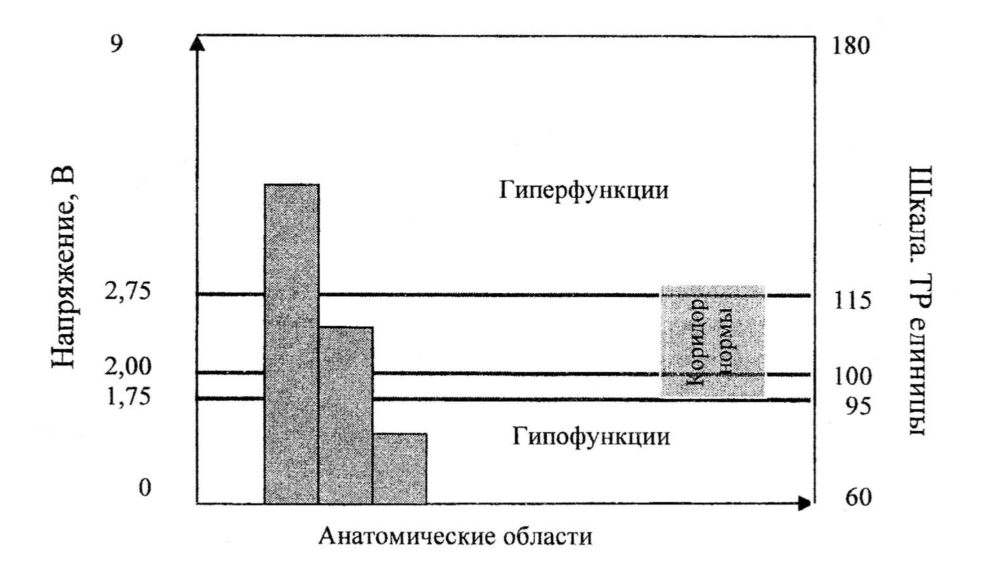


Рис. 1. Гистограмма функционального состояния организма: статистически достоверные уровни нормы 100 и коридора нормы 95-115 ТР

Живой организм находится в особой термодинамической фазе – резонансном состоянии [1, 2, 7]. Это означает, что молекулярные структуры водной компоненты биосреды находятся в колебательном состоянии на собственных, резонансных частотах. Это колебательное состояние создает в организме собственное крайне слабое радиоволновое поле (~10^{-17} Вт/см^2), чувствительное к внешним электромагнитным полям. Чтобы представить картину наглядней, позаимствуем дипольную модель фрактально-кластерной структуры жидкой фазы воды из [8] – рис. 2.

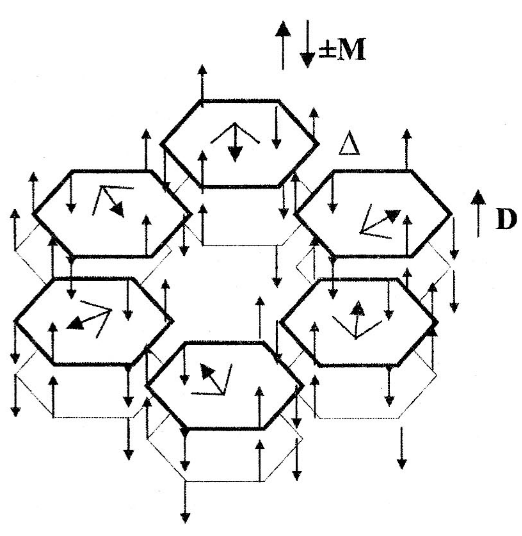


Рис. 2. Гексагональный фрагмент фрактально-кластерной структуры жидкой фазы воды: фрактальный кластер состоит из гексагональных молекул $(H_2O)_6$ структуры льда, внутри которых располагаются трехатомные молекулы H_2O пара, **M** и **D**–магнитные и электрические дипольные моменты, Δ-щель между гексагонами

Здесь изображена предполагаемая модель фрактально-кластерной структуры воды. Фрактальный кластер составляют две фракции: элементарные молекулярные фрагменты гексагональной структуры льда и пара-гексагоны $(H_2O)_6$ и триады H_2O, причем первые имеют разнонаправленные магнитные, а вторые - электрические дипольные моменты. Кластер могут формировать магнитные дипольные связи, хотя более слабые по сравнению с водородными связями ($\varepsilon_{в.с.}$~0,2 эВ), но более гибкие. По размерам молекулярных фрагментов вполне допустимо внедрение трехатомных молекул внутрь гексагональных. С учетом отношения плотностей льда и жидкой воды (0,9) оценки величины щели между гексагонами в кластере дают значение~1,8 A° (см. [8]). Приведенные соображения рассматриваются также в [9-13]. Из кластеров могут образовываться пространственные фрактальные сетки, объединяемые гибкими диполь-дипольными связями. Так, по нашим представлениям, формируется ассоциированная структура воды. Предлагаемая модель структуры воды, с одной стороны, объясняет некоторые физические свойства воды, а, с другой стороны, согласуется с результатами резонансно-волновых исследований, которые и послужили основанием для принятия ее в качестве рабочей модели.

Экспериментально обосновано, что резонансная частота 65 ГГц обусловлена колебаниями трехатомных молекул, а частота 1 ГГц, предположительно, связана с одной из частот колебаний более крупного образования - кластера вцелом. Тогда можно представить, как зондирующие радиоволны частотой 65 ГГц возбуждают радиоотклик на частоте 1 ГГц. Структура кластера составляет единую резонансную систему, где колебания одних элементов передаются колебаниям других. Этот механизм представляется центральным в интерпретации диагностического сигнала радиоотклика.

Как влияют процессы метаболизма на поле ТР-радиоволн с биохимических позиций? При этом не надо забывать, что ТРФ-топография реагирует на состояние водной компоненты

и поэтому контрольным метаболитом представляется вода. На этот факт биохимия внимания до сих пор не обращала.

Покажем, что внутренним источником возбуждения собственных ТР-радиоволн в биотканях служат процессы диссимиляции сложных органических соединений в результате их окисления вплоть до молекул воды и углекислоты. В качестве примеров приведем известные суммарные реакции окисления (ферментативного сжигания) одного из углеводов - глюкозы и одного из жиров – пальмитиновой жирной кислоты при поступлении в клетки кислорода (* – значок энергетического возбуждения продуктов реакции):

$$C_6H_{12}O_6+6O_2=6CO_2^*+6H_2O^*+\Delta E_1-T\Delta S_1, \quad (1)$$

$$C_{16}H_{32}O_2+23O_2=16CO_2^*+16H_2O^*+\Delta E_2-T\Delta S_2 \quad (2)$$

Здесь ΔE-$T\Delta S=\Delta F$ – изменение свободной энергии по Гельмгольцу, **ΔE_1=3,97 эВ (3,8 Ккал/г≈15 КДж/г)** и **ΔE_2=10,6 эВ (9,1 Ккал/г≈38,2 КДж/г)** – тепловые эффекты реакций, ΔS – прирост энтропии, Т – температура в К.

Обратим внимание на примечательный факт: **в приведенных биохимических реакциях содержатся радиофизические основы и принципиальные различия радиотермографии и ТРФ-топографии - первая основана на тепловых (ΔE), а вторая – на энтропийных (ΔS)принципах.**

Реакции окисления являются экзоэргическими. Выделяющаяся энергия химических превращений частью аккумулируется в «макроэргических соединениях», главным образом, АТФ (аденозинтрифосфате), основном поставщике энергии в организме, а частью утилизируется в тепло.

Но это не все.

Кроме теплового возбуждения **обменные реакции поставляют и вещество – свеже-продуцированную (неассоциированную), то есть «кластерную» воду, повышающую энтропию (беспорядок) водной компоненты (ΔS)!**

В подтверждение сформулированного тезиса был поставлен модельный химический эксперимент с выделением углекислоты и молекулярной воды в известной реакции взаимодействия уксусной кислоты с пищевой содой в воде:

$$CH_3COOH+NaHCO_3=CH_3COONa+CO_2+ \\ +H_2O+E-TS \quad (3)$$

Опыт проводился в импульсном режиме в воде объемом 100 см^3. На рис. 3 (нижняя кривая) приведен график изменения радиоотклика в ходе импульсной реакции, из которого видно, что в момент реакции радиоотклик, полученный в режиме ТРФ-топографии (чувствительность 10^{-15} Вт), действительно повышается. В качестве показательной демонстрации отличительных признаков ТРФ-топографии от радиотермографии приводим график радио-отклика на ту же химическую реакцию в режиме радиотермографии на максимальной чувствительности (10^{-17} Вт) – рис. 5 (верхняя линия).

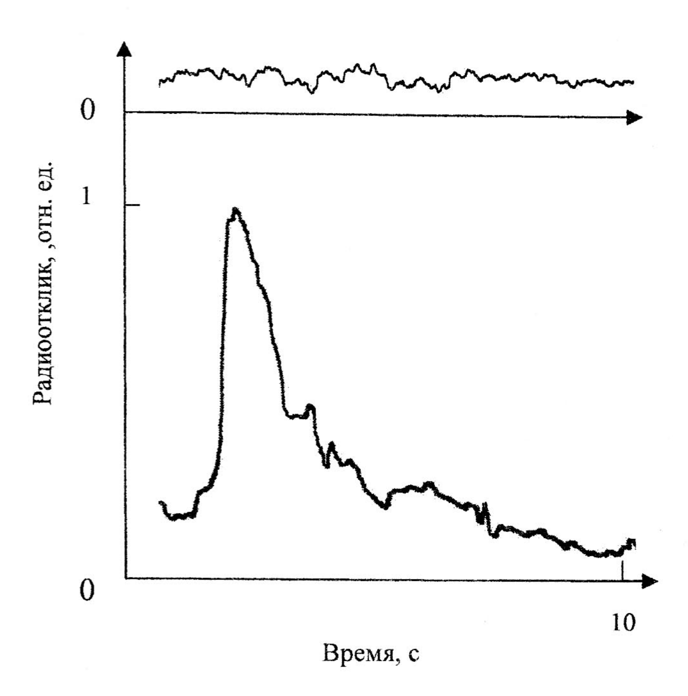


Рис. 3. Изменение радиоотклика в процессе химической реакции с образованием углекислоты и молекулярной воды при использовании ТРФ-топографа в режиме топографии – нижний график и в режиме радиотермографии – верхний график

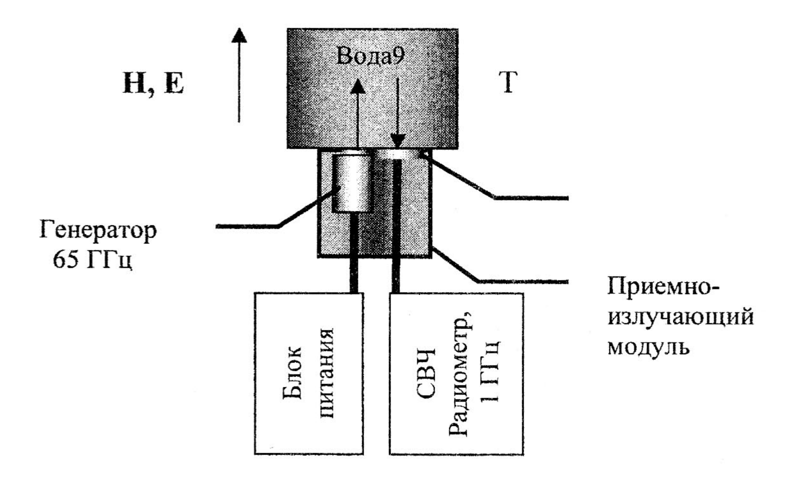


Рис. 4. Схема экспериментов по исследованию радиофизических свойств воды, стрелки указывают направление распространения волн

Нетрудно видеть, что в таком случае эффект находится на уровне шумов. И кроме того, результат содержит дополнительную информацию: **данная реакция является в основном энтропийной, на что и реагирует ТРФ-топография.** В то же время **радиотермография к изменению энтро-**

пии нечувствительна и показывает, что тепловой эффект реакции незначителен. Следовательно, подтверждается **тезис о принципиальных различиях между ТРФ-топографией и радиотермографией:**

- радиотермография чувствительна к тепловым эффектам и нечувствительна к энтропийным (максимальная чувствительность 10^{-17} Вт/см^2),
- ТРФ-топография чувствительна к энтропийным эффектам и нечувствительна к тепловым (чувствительность $10^{-15} - 10^{-14}$ Вт/см^2),
- сигнал радиоотклика в ТРФ-топографии на 20-30 дБ (в 100-1000 раз) больше тепло-шумовых, регистрируемых радиотермографией.

Следовательно, в зависимости от активности процессов метаболизма концентрация кластерной воды и энтропия системы будут меняться. Адекватно им будет меняться и величина сигнала радиоотклика, связанного с возбуждением колебаний в кластерах. Именно на этот энтропийный фактор и реагирует ТРФ-топография.

Таким образом, диагностические показатели действительно отражают активность процессов метаболизма в обследуемых топографических областях.

Для иллюстрации энтропийного эффекта приведем гистограммы сигналов радиооткликов от выдержанной (ассоциированной) воды и воды свеже-сконденсированной (неассоциированной) при нормальных температурах, воды при разных температурах, воды в магнитном (средняя напряженность **H**~30 Э/см) и электрическом (напряженность **E**~50 В/см) полях (плотность мощности радиооткликов составляет ~10^{-15}-10^{-14} Вт/см^2) – рис. 5. Эксперименты проводились по схеме рис. 4.

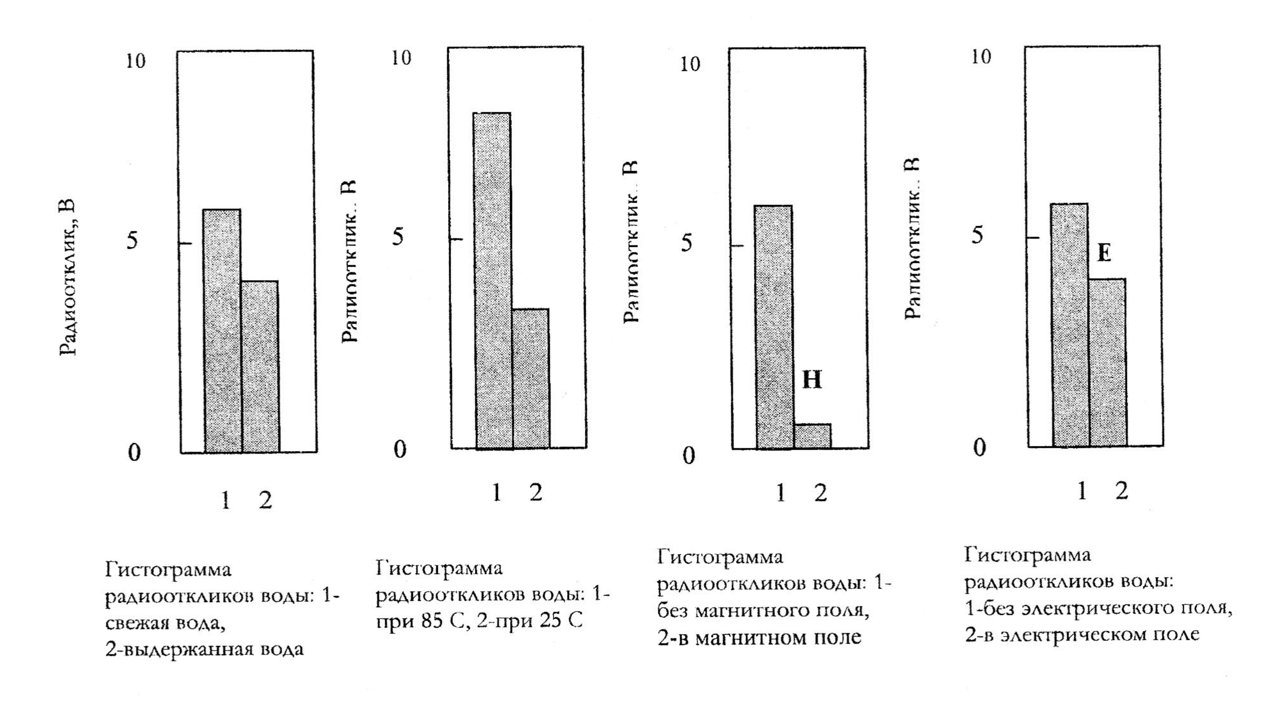


Рис. 4. Связь диагностических радиооткликов со структурно-дисперсным и энтропийным состоянием воды

Гистограммы показывают, что, действительно, свеже-продуцированная и нагретая вода имеют более высокую амплитуду сигнала радиоотклика, а магнитное и электрическое поля существенно снижают его амплитуду.

Данные факты, естественно, объясняются изменением молекулярной дисперсности (энтропии) водной среды – свеже-продуцированная и горячая вода имеют больший молекулярно-структурный беспорядок (повышенную дисперсность), а магнитное и электрическое поля, ориентируя по направлению поля соответствующие молекулярные фрагменты, имеющие дипольные моменты, приводят молекулярную структуру воды к упорядочению (ассоциации) (см. [14]). Происходит фазовый переход 2-го рода. Обратим внимание, что после снятия поля поляризация воды сохраняется, при этом она **люминесцирует** на частоте в полосе 1 ГГц. Экспериментально определенные по срыву люминесценции температуры Кюри деполяризации воды несколько меньше, но сравнимы с температурой кипения воды (100 ^{0}C - температуры разрыва водородных связей) для магнитной поляризации 70 ^{0}C и для электрической поляризации 90 ^{0}C [14]. Далее по экспериментальным данным будут проведены оценки энергии дипольных связей с учетом физических свойств воды.

В биосистемах наблюдается аналогичная зависимость радиоотклика от структурного состояния водной компоненты [14-16].

В работах [16, 17] обращалось внимание на существование оптимального баланса «порядок-беспорядок», то есть энтропии в состоянии молекулярной водной среды организма в норме. С этих позиций отклонения энтропии как в сторону «дезорганизации», так и в сторону «заорганизованности» водных молекулярных структур связываются с патологией, а в итоге - с активностью обменных процессов (метаболизмом). Чтобы раскрыть смысл данного заключения, обратимся вновь к метаболическим реакциям (1), (2).

Окислительные процессы, происходящие в биотканях, что уже обсуждалось, являются не только энергетическим источником, но и источником молекулярной, неассоциированной воды (w - water non-associaited), а с ней-структурного беспорядка (энтропии s). Следовательно, поступая в структурно стабилизированную окружающую водную среду $(H_2O)_{6n}+(H_2O)_n$ (W – w ater associaited) и вступая с ней в контакт, свеже-продуцированная вода **(w)** входит в первое звено цепи водобаланса в организме:

$$\mathbf{dw/dt} \xrightarrow{K_1} \mathbf{w+W} \xrightarrow{K_2} \qquad (4)$$

Здесь **w**, **W** – свеже-продуцированная и стабилизированная (ассоциированная) вода, **dw/dt** – скорость продуцирования воды, K_1, K_2 – константы скоростей соответствующих преобразований в цикле водообмена организма с внешней средой.

Следовательно, вновь поступающая вода привносит с собой в энтропию стабилизированной воды **(S)** дополнительную энтропию **(s)** со скоростью поступления продуцированной воды **ds/dt ~ dw/dt.** В состоянии функциональной нормы (*n*) создается некоторый динамически равновесный структурный водобаланс с оптимальной для организма энтропией $(s_n + S_n) = S_n$. Отклонения от него $S - S_n = \pm \Delta S$ вызываются изменением активности обменных процессов. В соответствии с уравнением (4) для энтропии получаем:

$$\mathbf{(ds/dt)} \xrightarrow{K_1} \mathbf{S} \xrightarrow{K_2} \qquad (5)$$

Применив закон действующих масс, по уравнению (5) находим скорость изменения энтропии водной компоненты биосреды:

$$dS/dt = ds/dt - k_2S. \quad (6)$$

В стационарных условиях **S=Const** и **dS/dt=0**. Отсюда получаем уравнение динамического равновесия энтропии для стационарных условий водобаланса и, соответственно - метаболизма:

$$(ds/dt) = k_2 S \sim d(w)/dt). \quad (7)$$

Следовательно, стационарное значение энтропии определяется скоростью обменных процессов, или активностью процессов метаболизма.

Заметим, что стационарный режим реализуется не только в «норме». В патологии адаптационные механизмы также приводят организм в стационарное состояние. Однако оно не отвечает оптимальному качеству здоровья. В патологии энтропия либо растет, либо снижается и эти отклонения связаны с изменением скорости обменных процессов:

$$(ds/dt) - (ds/dt)_n = k_2 (S - S_n), \quad (8)$$
$$\Delta(ds/dt) = k_2\Delta S.$$

Проведенный анализ показывает, что в метаболических процессах биоэргетические механизмы сосуществуют с биоэнтропийными, баланс которых ответственен за функциональное состояние организма.

Из работы [7] следует, что радиоотклик пропорционален энтропии, или уровню структурных нарушений водной компоненты:

$$I = I_n \pm \Delta I \sim S = S_n \pm \Delta S, \quad (9)$$

где I_n и $\pm\Delta I$–соответственно, оптимальный уровень (норма) радиоотклика и отклонения от него в ту или другую сторону. В отсутствие дополнительных нарушений водной среды ($\Delta S \Rightarrow 0$) радиоотклик от уровня нормы не отклоняется:

$$\Delta I \Rightarrow \Delta I_{min} \Rightarrow 0. \quad (10)$$

Таким образом, уровень сигнала радиоотклика действительно напрямую связывается с активностью обменных процессов – низкий уровень относится к низкой биологической активности (гипофункции) и, наоборот, высокий уровень – к повышенной биологической активности (гиперфункции). Это положение объясняет принятую выше интерпретацию данных, получаемых в методе ТРФ-топографии.

Тот факт, что диагностический ТР-радиоотклик с удивительным постоянством регистрируется на одной из резонансных частот, в нашем случае, на частоте радиоволн 1 ГГц при возбуждении водосодержащих сред волнами на любой резонансной частоте из обнаруженных серий ММ-диапазона в полосах вблизи частот 25, 50, 100, 150 и 32, 65, 130 ГГц [1, 2, 17, 18], свидетельствует о присутствии в водосодержащей среде неких стабильных укрупненных молекулярных структур–кластеров с резонансной частотой в ДМ-диапазоне. Поэтому следует допустить формирование в жидкой фазе воды промежуточной «дипольно-кластерной» молекулярной структуры – «элементарного фрактала» с большей массой и меньшей энергией связи по сравнению с гексагонами и триадами (см. рис.3). Такая модель соответствует известной зависимости собственной (резонансной) частоты ω осциллятора от его массы μ и константы силовой связи χ:

$$\omega = 2\pi\sqrt{(\chi/\mu)}. \quad (11)$$

Можно полагать, что именно эта фрактально-кластерная фракция молекулярной воды, образованная шестью гексагонами с триадами внутри, связанными между собой слабым взаимодействием магнитных и электрических дипольных моментов, откликается на зондирование резонансными ММ-волнами воды и биоткани. И это очевидно, так как в единой молекулярной системе возбуждение колебаний одних структурных элементов возбуждает ко-

лебания других. Тогда относительная концентрация фрактально-кластерной фракции в цепочке водообмена организма и будет определять величину сигнала ДМ-радиоотклика ткани на КВЧ-воздействие – рис. 6.

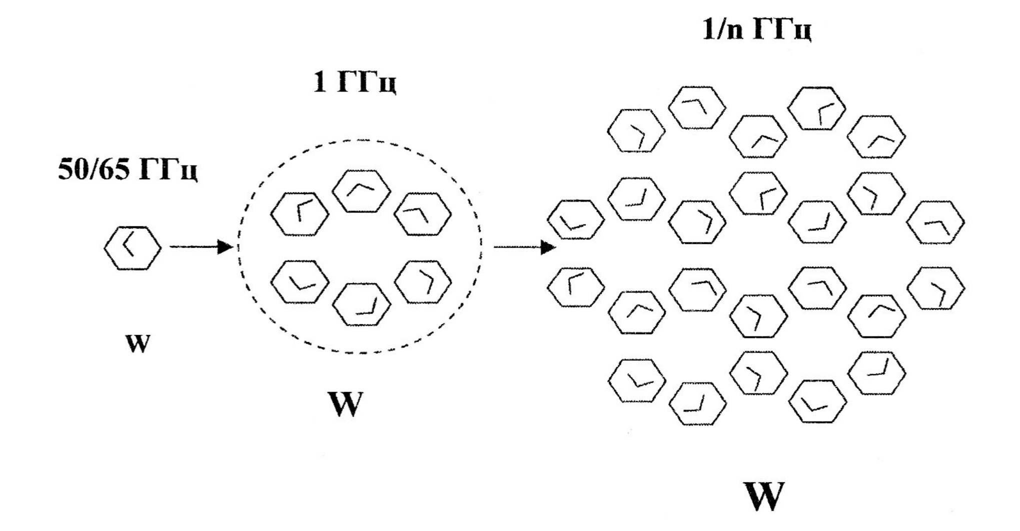


Рис. 6. Механизм динамического состояния молекулярной структуры воды в процессе метаболических реакций окисления углеводородов:
w–свеже-продуцированная вода, **w**–промежуточный фрактальный кластер,
W-ассоциированная структура воды, цифрами обозначены частоты резонансных колебаний молекулярных фрагментов, n-кратное число

Теперь становится более понятной взаимосвязь регистрируемого в ТРФ-топографии ДМ-радиосигнала с продуцированием в окислительных реакциях воды и, следовательно, активностью обменных процессов, или метаболизмом.

В заключение оценим величину энергии дипольных связей. Для этого используем данные эксперимента по изменению сигнала радиоотклика от температуры воды. Воспользуемся известными Больцмановскими формулами связи измеряемого параметра – амплитуды радиоотклика (I) с температурой воды (T K) - рис. 3:

$$J_1=J_0\exp(-\Delta E/k_B T_1),\ J_2=J_0\exp(-\Delta E/k_B T_2) \quad (12)$$

Далее, как обычно, берется отношение данных выражений и оно логарифмируется:

$$\ln(J_1/J_2)=(\Delta E/k_B)(T_1-T_2)/T_1\,T_2. \quad (13)$$

Отсюда находится формула для определения энергии связей:

$$\Delta E=k_B\,T_1\,T_2\ln(J_1/\,J_2)/(T_1-T_2), \quad (14)$$

подставляя в которую опытные параметры:

$T_1=358$ K, $I_1=8$ B; $T_2=298$ K, $I_2=3$ B,

вычисляется в используемой модели молекулярной структуры воды: $\Delta E\approx0{,}15$ эВ. Как видно, энергия дипольных связей незначительно отличается от энергии водородных связей (0,2 эВ), что согласуется с принятой моделью.

Выводы

- Проведенные модельные эксперименты на воде демонстрируют связь диагностических радиооткликов в ТРФ-топографии с дисперсностью молекулярно-структурного состояния воды, то есть с энтропией. Следовательно, ТРФ-топограф может быть

использован в качестве аналитического прибора для регистрации энтропийного состояния системы.

- На основе биохимических окислительных реакций обосновывается, что радиоотклик от биотканей при ТРФ-диагностике определяется активностью процессов метаболизма в органах и системах организма.
- Полученные результаты по радиофизическим свойствам воды описываются предлагаемой диполькластерной структурой воды.

Выражаем искреннюю признательность за консультации сотрудникам Саратовского Государственного медицинского института зав. кафедрой биохимии, доктору биологических наук, профессору Бородулину В.Б. и доценту кафедры, кандидату медицинских наук Бельской Н.А.

Литература

1. ***Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона – Радиотехника и электроника, 1995, т. 40, вып. 1.
2. ***Петросян В.И., Житенева Э.А., Гуляев Ю. В., Девятков Н.Д. , Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Физика взаимодействия миллиметровых волн с объектами различной природы - Биомедицинская радиоэлектроника, 1996, №3, в ж. Радиотехника, 1996, №9.
3. ***Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.*** Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности – М: Радио и связь, 1991.
4. ***Бецкий О.В*.** Миллиметровые волны в биологии и медицине – Радиотехника и эленктроника, 1993, т. 36, № 10.
5. ***Бецкий О.В., Лебедева Н.Н.*** Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных волн набиологические объекты – Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2001, № 3.
6. ***Петросян В.И., Громов М.С., Власкин С.В., Благодаров А..В.*** Трансрезонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование – Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2003, №1 (29).
7. ***Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Резонанс молекулярной системы как термодинамическое фазовое состояние - Радиотехника и электроника, 1998, т. 43, №7.
8. ***Петросян В.И., Бецкий О.В., Майбородин А.В., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.*** Резонансные свойства и структура воды – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника (см. в данном журнале).
9. ***Богородский В.В., Гаврило В.П.*** Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии – Л.: Гидрометеоиздат, 1980.
10. ***Синюков В.В.*** Вода известная и неизвестная – М.: Знание, 1987.
11. ***Самойлов О.Я.*** Структура водных растворов, электролитов и гидратация ионов – М: АН СССР, 1957.
12. ***Гайдук В.И.*** Вода, излучение, жизнь – М: Знание, 1991, Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика», №7.
13. ***Лященко А.К., Новскова Т.А.*** Структурно-кинетические характеристики и высокочастотные свойства жидкостей с диполь-дипольным взаимодействием – Журнал химической физики, 2003, т. 76, № 11.
14. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А.*** Люминесцентная трактовка «СПЕ-эффекта» - Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2002, №1.
15. ***Шуб Г.М., Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Аронс Р.М.*** Собственные электромагнитные излучения микроорганизмов – Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2.
16. ***Брилль Г Е., Петросян В И., Синицын Н.И., Елкин В.А*** Поддержание структуры водного матрикса – важнейший механизм гомеостатической регуляции в живых системах (концептуальная модель и ее базовое экспериментальное обоснование) - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2.
17. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д. , Гуляев Ю.В., Бецкий О.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.И.*** Роль молекулярно-

волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологических систем - Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, №5-6.

18. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В. А., Майбородин А.В.. Тупикин В.Д., Надежкин Ю.М.*** Проблемы прямого и косвенного наблюдения резонансной прозрачности водных сред в миллиметровом диапазоне - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №1,-Электронная промышленность. Наука, технологии, изделия, 2000, №1.

The biochemical mechanisms of the TR radio waves impact on water and biological environments

Petrosyan V.I., Duboviskii S.A., Vlaskin S.V., Blagodarov A.V., Melnikov A.N.

The processes of the resonance radio-waves radioparency influence on the metabolic reactions of hydrocarbons oxidation in organism are discussed in the paper. The correlation of diagnostic parameters of Trance-resonant functional topography method with the metabolic processes activity of human organs and systems and the entropy of physical, chemical and biological systems is proved.

Резонансные свойства и структура воды



*Петросян В.И., **Майбородин А.В.,*Дубовицкий С.А., *Власкин С.В., *Благодаров А.В., *Мельников А.Н.

*Компания «Проект «Новые технологии» (P.N.T.)», г. Саратов
**Центральный НИИ измерительной аппаратуры (ЦНИИИА), г. Саратов

Обсуждаются процессы взаимосвязи радиоволн резонансной «прозрачности» воды с особенностями молекулярной структуры жидкой фазы воды. Приводятся экспериментальные данные по участию воды в эффектах взаимного возбуждения радиоволн на различных резонансных частотах. Обосновывается явление резонансно-волнового состояния водной среды и показывается, что жидкая и атмосферная вода действительно являются и источником, и проводником радиоволн резонансной «прозрачности», соответствующих собственным волнам резонансно-волнового состояния водной среды.

Предисловие

В публикациях [1-7] сообщалось о явлении естественного резонансно-волнового состояния воды и водной компоненты биологических сред в миллиметровом **(ММ)** диапазоне длин волн. Резонансно-волновое состояние молекулярных сред заключается в колебательном движении молекулярных фрагментов и излучении ими чрезвычайно слабых радиоволн на строго определенных, резонансных частотах.

В резонансно-волновом состоянии водосодержащие среды (в том числе биологические) «радиопрозрачны» для внешних и внутренних низкоинтенсивных резонансных электромагнитных волн. В связи с этим возникают возможности заглянуть не только вглубь водосодержащих объектов, но и вглубь происходящих там элементарных процессов. В результате взаимодействия с внутренними, естественными резонансными молекулярно-волновыми процессами внешние волны на резонансных частотах «транслируются» как в объем, так и из объема среды. Поэтому эти волны получили определение как «транс-резонансные», или **ТР**-волны, а технологии, их использующие, – **ТР**-технологии. На использовании явления резонансно-волнового состояния был создан ТРФ-топограф, который расшифровывается как «Транс-резонансный функциональный топограф» [8]. В топографе используются две резонансные радиоволны – одна внешняя зондирующая **ММ**-диапазона частотой **65 ГГц** (длина волны **4,6 мм**) плотностью мощности **≤10 мВт/см^2**, другая – внутренняя «информационная» **ДМ**-диапазона частотой **1 ГГц** (длина волны **3 дм**) плотностью мощности **~10^{-15} -10^{-14} Вт/см^2**. В результате взаимодействия с внутренними молекулярными структурами и процессами в воде и биосреде происходит междиапазонное преобразование волн из ММ- в ДМ- диапазон («СПЕ-эффект» [9]). Эффективность такого преобразования полностью определяется состоянием исследуемой среды. В результате принимаемый сигнал радиоотклика несет информацию об энтропии, или степени молекулярного беспорядка системы, а для живых

объектов – об активности метаболических (обменных) процессов.

Далее в экспериментах использовался ТРФ-топограф, включающий **КВЧ**-генератор разработки «МТА-КВЧ» и **СВЧ**-радиометр производства «P.N.T.».

Безусловной базой данных результатов стало открытие «специфического эффекта неспецифической биологической активности» **КВЧ**-радиоволн. Причем, фундаментально важным условием проявления эффекта являлся парадоксальный факт низкой, нетепловой интенсивности излучений [10-12].

В то же время достигнутые результаты не являются исчерпывающими. В практику включаются все более высокие частоты – терагерцы [13] вплоть до ИК и видимого диапазонов [14, 15], и более низкие - гига- и мега-Герцы [8] и даже сверхнизкие частоты органных циклов – Герцы и доли Герца [16]. Все это и составляет волновую компоненту функционирования живого организма.

Частоты резонансной радиопрозрачности воды и биосред

Ранее было показано [1, 2], что резонансные частоты волновых процессов в биотканях организма человека в норме определяются водными резонансными частотами. Отсюда следует, что за функциональное состояние организма ответственна также и водная компонента биосреды: **ВОДА** - активный молекулярно-волновой участник процессов метаболизма, «источник-проводник-регулятор» радиоволновых процессов, один из глубинных элементов гомеостаза [7, 17].

Обнаруженные резонансные молекулярно-волновые колебания водосодержащих сред лежат в диапазонах крайне высокой частоты **(КВЧ)** и сверхвысокой частоты **(СВЧ)**, или в длинах волн в свободном пространстве – в миллиметровом и дециметровом диапазонах. Только на этих резонансных частотах, и только потому, что они соответствуют внутренним молекулярно-волновым процессам, внешние низкоинтенсивные радиоволны способны проникать, «транслироваться» глубоко в объем и из объема воды и биотканей, благодаря чему водосодержащие среды становятся «радиопрозрачными» для резонансных волн. Поэтому эти волны, в отличие от волн резонансного поглощения на квантовых переходах, то есть абсорбционных резонансов, являются волнами резонансного пропускания (трансляции), или «транс-резонансны-ми» - **ТР** волнами [8].

При тщательном исследовании частотных диапазонов от **0,1 ГГц** до **150 ГГц** нами определены **ТР**-волны только в следующих интервалах частот: в **СВЧ**-диапазоне в полосе частот вблизи **1 ГГц** и две серии **ТР**-волн в **КВЧ**-диапазоне – «магнитную» и «электрическую» серии [1, 2, 4, 18, 19] – рис. 1.

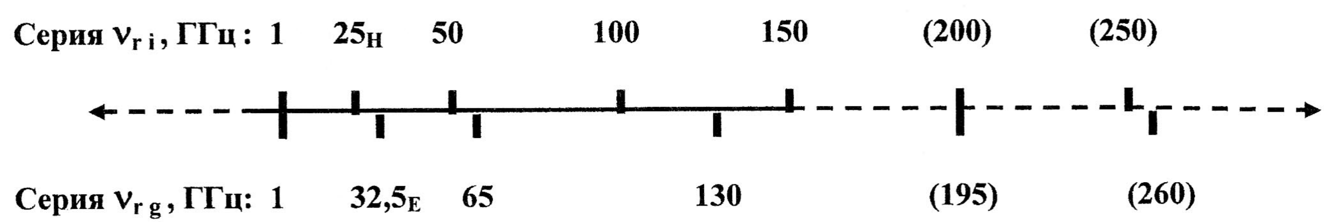


Рис. 1. Спектр частот резонансной прозрачности воды и биосред

На всех других частотах вне резонансов **КВЧ- и СВЧ**-волны полностью поглощаются в пределах скин-слоя.

В действительности каждая из приведенных резонансных частот расщепляется на близкие дуплеты, принадлежащие различным типам (модам) волн. Предполагается наличие резонансов и на других кратных гармониках, например, на частотах вблизи **200, 250, 300 ГГц** и **195, 260, 325 ГГц** и т. д. вплоть до **10^3 ГГц**, а, возможно, и выше. Чем же обусловлены ТР-волны? Они определяются собственными, резонансными колебаниями молекулярных структур воды. С одной стороны, молекулярные структуры являются источником резонансных радиоволн, а с другой стороны, служат средой распространения как внешних, так и собственных резонансных радиоволн.

Кластерная модель молекулярной структуры воды

Рассмотрим гипотетическую кластерную модель структуры воды, адаптированную к ее радиофизическим резонансным свойствам. Жидкая фаза воды, как ассоциативная жидкость, подобна жидкому кристаллу. По термодинамическим оценкам, приведенным в [1, 2, 4, 7], теплоты плавления хватает только на то, чтобы частично разрушить структуру льда, превратив гексагональный кристалл льда в ассоциацию в относительно равных концентрациях двух фракций - льдоподобных (ice) молекулярных гексагонов $(H_2O)_6$ и газо-подобных (gas) молекулярных триад H_2O. Рассматриваемая «двухструктурная» модель основана на структурных представлениях Рентгена - см. [20-23], где также рассматриваются две молекулярные фракции воды. По нашим данным первая серия резонансов (см. рис. 1) связана с колебаниями гексагонов, а вторая – с колебаниями триад. Такая классификация объясняется тем, что резонансы из соответствующих серий возбуждаются на частоте 25_H ГГц только в магнитном **Н** поле и на частоте $32{,}5_E$ ГГц только в электрическом **Е** поле.

Особенностью водных структур является наличие диполей. В гексагонах имеются антипараллельные орбитальные магнитные дипольные моменты **±М** **(ΣМ=0)**, образуемые нескомпенсированными спинами **р**-орбиталей. В этом качестве вода является антиферромагнетиком [19, 24]. А триады, как известно, имеют электрические диполи **D**. Это и дает основание сгруппировать резонансы в две обозначенные серии - магнитную и электрическую. Так как резонансы на частотах 25_H и $32{,}5_E$ ГГц возбуждаются в **Н** и **Е** полях, то этот факт указывает на поляризацию диполей в полях и возбуждение резонансных волн магнитных и электрических диполей на этих частотах – рис. 2, 3. Здесь не учитываются ионы воды, чье влияние в данных моделях не проявилось.

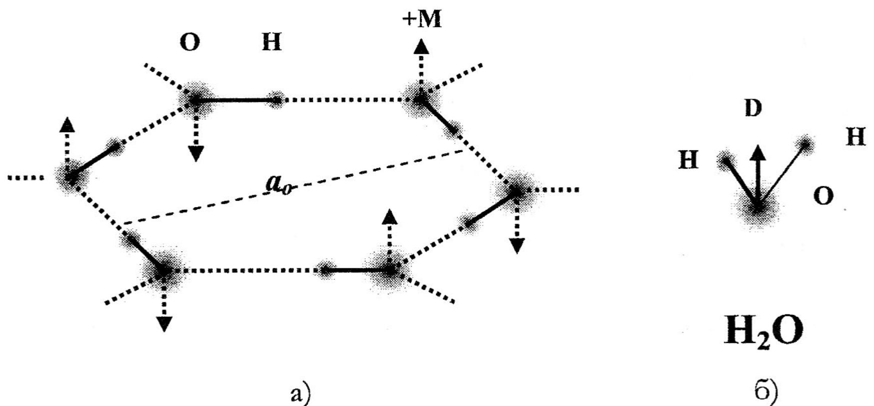


Рис. 2. Фрагменты молекулярных структур жидкой фазы воды: а) гексагон, б) триада, В. С., К. С -водородные (кулоновские) и ковалентные (химические) связи, ±М – магнитные дипольные моменты и D – электрический диполь молекул

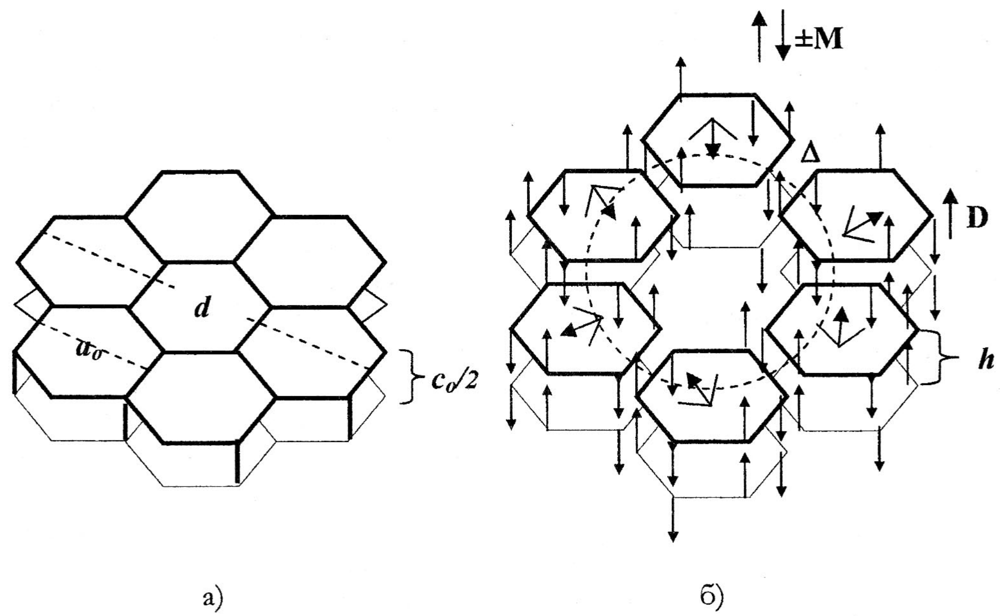


Рис. 3. Способы образования фрактальных кластеров посредством: а) химических связей в гексагональной структуре льда и б) дипольных связей в жидкой фазе воды, **±M**–магнитные дипольные моменты, **D**–электрические диполи, a_o c_o-параметры гексагональной решетки, ***d***-диаметр ***d***-диаметр кластера, Δ-щель между гексагонами в кластере, ***h*** расстояние между плоскостями кластеров

Особое значение приобретает существование **ТР**-волн в **СВЧ**-диапазоне на частоте вблизи ν_{rc}**=1 ГГц.** Этой частоте соответствует длина волны в свободном пространстве λ_o **=3 дм.** По нашим представлениям, ТР-волны на частоте ν_{rc} **=1 ГГц** возбуждаются во фрактальных кластерах (cluster), то есть в самоподобных квази-полимолекулярных образованиях:

$$\updownarrow 6[(H_2O)_6 + (H_2O)].$$

Но на этот раз «квази-кристаллизация» водных структур обязана не химическим (кулоновским) водородным связям. Часть межмолекулярных водородных связей раз-рушается при плавлении кристаллов льда [2, 3, 4, 7]. Поэтому их участие в формировании системы связей в жидкой фазе воды исключено.

На смену разрушенным межмолекулярным водородным связям могут прийти в жидкой фазе воды более слабые и гибкие межмолекулярные силы диполь-дипольного **M/M** и **D/D** взаимодействия, которые образуют статистически равновесную структурную систему жидкой воды.. Диполь-дипольное взаимодействие в воде обсуждается также в [25].

На рис. 3 показаны (в условном масштабе) «химический» кластер льда и один из возможных вариантов формирования «дипольного» кластера в жидкой фазе, где видны указанные различия в химических и дипольных способах образования молекулярной структуры воды.

Для отличия от кристаллитов льда «дипольные» кластеры отмечены значком «↕» и их надо считать «квази-полимолекулярными», а не полимолекулярными структурами.

Представляется вероятным расположение образовавшихся при плавлении льда триад внутри пустот гексагонов - см. [22], где такая ситуация также допускается. По крайней мере, размеры молекулярных фрагментов это позволяют (размер полости гексагона a_o**=4,5 A°**, размеры триады **∇~1x1,5 A°**). В такой конфигурации триады приобретают возможность свободного вращения, чем объясняется близость вращательных спектров поглощения молекулярной и жидкой фазы воды [25, 26] и обосновывается «клеточная» модель для расчета поляризационных свойств воды [23, 27]. Заметим, гексагон внутри центральной полости кластера, если

и может размещаться, то будет находиться в «виртуальном» состоянии, так как тогда в углах должны взаимодействовать одновременно 3 дипольных момента **±М** и **+М,** и суммарная энергия связи гексагона в полости будет нулевой. В пустоты могут входить различные ионы. Понятно, такая гипотетическая модель условна. В реальности в водной структуре должны существовать различные термодинамически равновесные дефекты и присутствовать иные структурные модификации.

Уплотнение структуры жидкой воды в результате расположения триад внутри гексагонов, с одной стороны, и, с другой стороны, «разрыхления» структуры с переходом от химических к дипольным молекулярным связям, должно удовлетворять известному соотношению плотностей жидкой воды и льда. Из простых соображений легко оценить в таком случае величину «щелей» между гексагонами, возникающими в дипольной модели структуры жидкой фазы воды. В структуре льда (рис. 3, *а*) на площади $S_e=\pi d^2/4$, где $d=3a_o$ размещается $n_e=24$ моекулы воды с плотностью n_e/S_e, а в структуре жидкой фазы воды (рис. 3, *б*) на площади $S_w=\pi(d+\Delta d)^2/4$ размещается $n_w=42$ молекулы воды с плотностью n_w/S_w. Отношение поверхностных плотностей льда и жидкой воды $(n_e/S_e)/(n_w/S_w)=(0,9)^{2/3}=0,93$. Отсюда после подстановки данных и преобразований находим $\Delta d\approx 3,4$ А° и предполагаемая величина щели между гексагонами в кластере $\Delta\approx\pi\Delta d/6\approx 1,8$ А°.

Аналогично находится расстояние между плоскостями кластеров, которое, очевидно, не должно слишком отличаться от межплоскостных расстояний во льду.

Отношение межплоскостных расстояний в структурах льда и жидкой воды составляет величину $c_o/2h=(0,9)^{1/3}\approx 0.97$. Подставляя $c_o/2=7,32$ А° = 3,66 А°, получаем возможное значение $h\approx 3,77$ А°, близкое к твердофазному (3,66 А°).

Предвосхищая вопрос о соотношении энергий дипольных связей в сравнении с водородыми, отметим, что таким критерием может стать температура Кюри. Экспериментально по «срыву» повышенных собственных резонансных радиоизучений поляризованной воды в магнитном и электрическом полях (см. [19]) было показано, что точка Кюри разрушения магнитной ориентации гексагонов, имеющих магнитные дипольные моменты, равна **70 °С,** а точка Кюри разрушения электрической поляризации триад, обладающих электрическими дипольными моментами, составляет **90 °С**. Эти параметры находятся в интервале температур фазовых превращений воды от плавления при **0 °С** до кипения при **100 °С,** связанных с разрушением водородных связей. Следовательно, энергии дипольных связей сопоставимы с энергией водородных связей. Оценить их можно, исходя из температурной зависимости радиоотклика воды.

Например, уровни сигналов радио-откликов воды при $T_1=25$ °C=298 K $I_1=3$ В и при $T_2=85$ °C=358 K $I_2=8$ В. Отсюда, так как радио-отклик связан с энтропией, можно определить интегральную энергию дипольных связей. Как обычно в таких случаях, энергия определяется по экспоненциальному закону Больцмана:

$I_1=I_o\exp(-\Delta E/k_BT_1)$ и $I_2=I_o\exp(-\Delta E/k_BT_2)$, где $k_B=8,625\cdot 10^{-5}$ эВ/К – константа Больцмана, откуда после преобразований.. Находим $\Delta E=k_B[T_1T_2/(T_2-T_1)]\ln(I_2/I_1)\approx 0,1$эВ. Таким образом, действительно, энергия дипольных связей в воде меньше, но того же порядка, что и энергия водородных связей $E_{в.с.}\approx 0,2$ эВ. Приведенные соображения в совокупности оправдывают дипольную модель структуры жидкой фазы воды и объясняют ее радиофизические и некоторые физические свойства.

Обоснование резонансно-волнового состояния воды на частотах ТРФ-топографии (65 ГГц и 1 ГГц)

Данная серия экспериментов является предварительной и носит демонстрационный характер. Обсуждаемые вопросы достаточно сложны и

требуют детальной метрологической проработки, что станет предметом следующей публикации.

Эксперименты по исследованию резонансно-волнового состояния воды, проявляющегося в резонансной радиопрозрачности воды, проводились методом интерференции, или стоячих волн, которые периодически возникают в результате проникновения волн в воду и отражений от границ при изменении высоты (L) столба воды всякий раз, когда в столбе укладывается целое число полуволн $L=n \cdot \lambda/2$ (см. [28]). Отсюда со всей очевидностью следует, что в экспериментах с интерференцией могут участвовать только резонансные **(ТР)** волны, так как на других частотах радиоволны в воде поглощаются. Поэтому данные опыты должны также напрямую продемонстрировать присутствие в объеме воды используемых в **ТРФ**-топографии **ТР**-волн на частотах **65 ГГц и 1 ГГц**. В экспериментах использовалась наполненная водой измерительная стеклянная колонка (ø40 мм), дном которой являлась контактная поверхность приемно-излучающего модуля ТРФ-топографа (рис. 4).

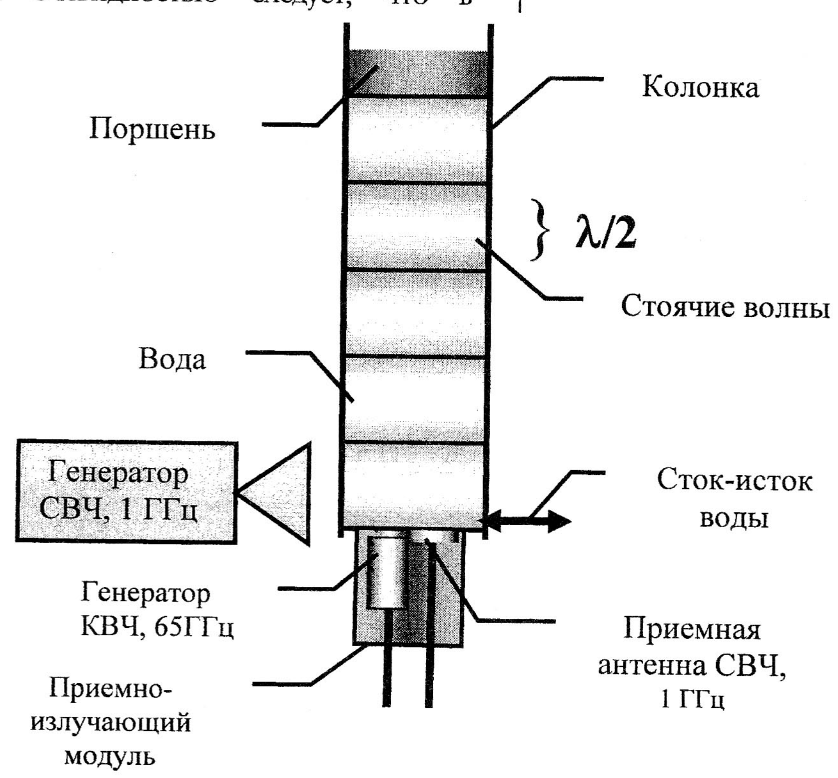


Рис. 4. Схема измерения длин возбуждаемых в воде радиоволн и глубины зондирования в ТРФ-топографии методом стоячих (резонансных) радиоволн, стрелки указывают направление потоков волн

Последующая интерпретация полученных экспериментальных данных справедлива в предположении, что измерительная колонка представляет собой квазиоптический волно-ведущий тракт, имитирующий распространение в воде плоских волн.

Изменение высоты водяного столба можно было вести двумя способами:

1) плавным перемещением металличе-ского (отражающего) поршня в столбе воды постоянной высоты или 2) изменением высоты столба жидкости путем регулирования стока/истока воды. В обоих вариантах

отражение волн происходило на нижней границе вода/модуль и на верхних границах вода/металл и вода/воздух. Перемещение верхних границ регистрировалось. Радиоотклик от столба жид-кости переменной высоты должен иметь вид затухающей синусоиды с периодом осцилляций, равным **$\Delta L=\lambda/2$.**

На рис. 5 *а-г* приведены интерференционные кривые радиосигналов при зондировании водяного столба волнами на частотах **65 ГГц и 1 ГГц**.

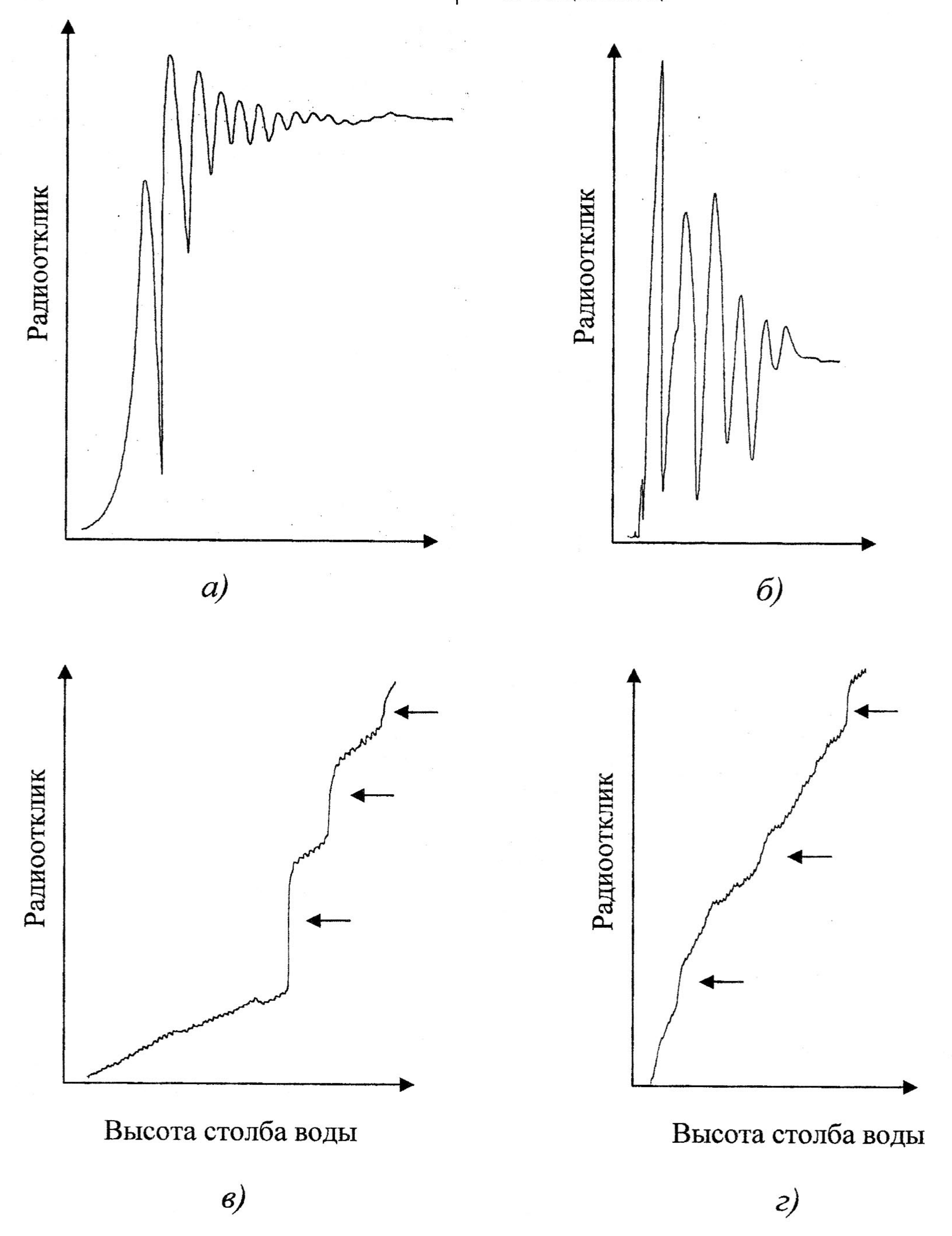


Рис. 5. Интерференционные кривые возбуждения волн частотой 1 ГГц с периодом осцилляций 2,5 см при зондировании воды волнами на частотах: *а)* 1 ГГц, *б)* 65 ГГц и возбуждения волн частотой 65 ГГц с периодом осцилляций 0,35 – 0,4 мм при зондировании воды волнами на частотах: *в)* 65 ГГц, *г)* 1 ГГц

Вначале по первому варианту схемы рис. 4 проводилась регистрация радиоволн в ДМ-диапазоне, возбуждаемых волнами на частотах **1 ГГц** и **65 ГГц**. В обоих случаях период осцилляций интерференционных кривых составил одну и ту же величину **$\Delta L = \lambda'_w/2 = 25$ мм** - рис. 5 *а, б*. Следовательно, в том и другом случае интерферируют радиоволны с частотой $\nu = 1$ ГГц и их длина в воде составляет величину **$\lambda'_w = 2\Delta L = 5$ см**, то есть радиоволны на частоте **1 ГГц** являются резонансными радиоволнами прозрачности водной среды.

Тем же методом стоячих волн, но в более растянутом масштабе по второму варианту схемы рис.4, получены соответствующие переднему фронту интерференционных кривых рис.5 *а, б* осциллирующие интерференционные кривые и в ММ-диапазоне при облучении воды волнами на частотах **65 ГГц** и **1 ГГц** - рис. 5 *в, г*. Привязка к высоте водяного столба при этом проводилась расчетным путем по изменению объема воды в условиях стационарной скорости потока данных.

Из графиков видно, что период осцилляций в обоих случаях составляет **$\Delta L = \lambda''_w/2 \approx 0{,}35\text{-}0{,}4$ мм**. Отсюда длина возбуждаемых волн в водной среде для данных частот **65 ГГц** и **1 ГГц** дает величину **$\lambda''_w \approx 0{,}7\text{-}0{,}8$ мм**. Это значение близко к **1/65** части от длины волны **λ'_w** **=5 см** в воде, соответству-ющих частоте **1 ГГц**. Неточность определения периода осцилляций в данных опытах связана со сложностью регистрации малых изменений уровня воды.

Полученные результаты по возбуждению низкочастотных и высокочастотных резонансных радиоволн **ММ↔ДМ** можно интерпретировать как стоксову и антистоксову люминесценцию (см. [19]), причем последняя значительно слабее.

Можно спорить о происхождении резонансных радиоволн на частоте вблизи **1 ГГц**. Даже не это самое главное. Существенно то, что **1 ГГц** наряду с **ММ**-резонансами является собственной резонансной частотой молекулярных колебаний водной среды в **ДМ**-диапазоне. То же относится и к биосреде. Аналогичные результаты получены для частоты вблизи **50 ГГц** [18].

В этом убеждают не только интерференционные осцилляции радиосигнала в воде (рис. 5), но и спектр резонансной про-зрачности воды в интервале частот **0,6…1,25 ГГц**, полученный с использованием в качестве СВЧ источника переменной частоты панорамы Р4-47 (рис. 6).

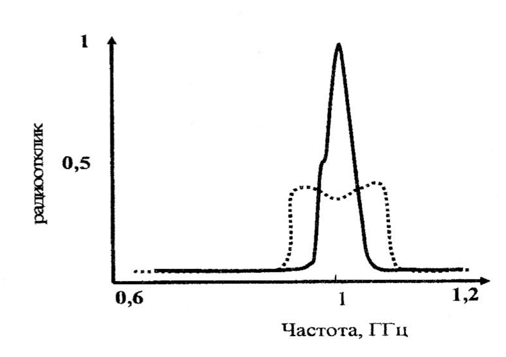


Рис. 6. Спектральная линия резонансной прозрачности воды вблизи частоты 1 ГГц, полуширина линии $\Delta_{0,5} \approx 20$ МГц, добротность $Q \approx \nu_r/\nu_{0,5} \approx 50$, точечная линия – полоса приема радиометра $\Delta = \pm 25$ МГц

В связи с высокой скоростью развертки по частоте на панораме (время развертки 40 сек) на спектре не видны детали. На самом деле при ручной развертке в спектре частот воды **СВЧ**-диапазона вблизи **1 ГГц** обнаруживается квартет спектральных линий на частотах **1,15 ГГц, 1,1 ГГц, 1,0 ГГц и 0,95 ГГц**. Интенсивность последней линии на **20 дБ (в 100 раз)** меньше других.

Обнаружение в воде **ТР** волн **ММ**- и **ДМ-**диапазонов, их одновременное присутствие в результате взаимного возбуждения, представляются единой системой резонансов, в которой возбуждение любого из них возбуждает всю систему. Этот эффект взаимного возбуждения резонансных колебаний, очевидно, обеспечивается взаимосвязью молекулярных фрагментов, объединенных в кластерную конфигурацию, когда колебание (триад) одних возбуждает колебания других (кластера вцелом), (рис. 3). Поэтому, поскольку радиоволны на частоте **1 ГГц** входят в спектр естественных резонансных колебаний водной компоненты биосреды, они также обладают терапевтическим эффектом и безопасны для организма. Тем более, что продемонстрировано, они всегда присутствовали и присутствуют при **КВЧ**-терапии.

Следовательно, при воздействии на водосодержащие среды волнами на одной из резонансных частот возбуждаются остальные резонансы с некоторым естествен-ным распределением по мощности, и, таким образом, воздействие приобретает аккордный характер.

Диэлекрическая проницаемость (ДП) воды в резонансе

Теперь можно показать в упрощенном варианте, как по имеющейся информации находится весьма важный электродинамический параметр - **ДП** (действительная часть) воды $\varepsilon_{r\,w}$ в резонансном состоянии на используемых частотах $\nu_{r\,g}$**=65 ГГц** и $\nu_{r\,c}$**=1 ГГц.** Для этого достаточно применить известную формулу связи длины волны в среде (λ_w) с длиной волны в свободном пространстве (λ_o):

$$\lambda_w = \lambda_o/\sqrt{\varepsilon_{r\,w}}. \qquad (1)$$

На частотах $\nu_{r\,c}$**=1 ГГц** и $\nu_{r\,g}$ **=65 ГГц** длины волн в свободном пространстве, соответственно, равны: $\lambda'_o = c_o\,\nu_{r\,c}$**=30 см** и $\lambda''_o = c_o\nu_{r\,g}$**=4,6 мм**. Здесь $c_o \approx 3\cdot 10^{10}$ **см/с** – скорость распространения радиоволн в свободном пространстве. Используя формулу (1), находим **ДП** водной среды на резонансной частоте $\nu_{r\,c}$**=1 ГГц:**

$$\varepsilon_{r\,w} = (\lambda'_o/\lambda'_w)^2 = (30/5)^2 = 36, \qquad (2)$$

и резонансной частоте $\nu_{r\,g}$**=65 ГГц:**

$$\varepsilon_{r\,w} = (\lambda''_o/\lambda''_w)^2 \approx (4{,}6/0{,}75)^2 \approx 36. \qquad (3)$$

Аналогичные данные приведены в работе [17] для резонансных частот вблизи **50 ГГц** ($\lambda_o \approx$**6 мм**), где в резонансе в водной и биологической средах длина волны также уменьшается в связи со снижением скорости распространения электромагнитных волн в $\sqrt{\varepsilon_{r\,w}} \approx$**6 раз**.

Из полученных и предыдущих результатов [18] вытекает принципиальный вывод:

– на собственных резонансных частотах молекулярных колебаний вещественная часть относительной диэлектрической проницаемости водной среды является константой и равна $\varepsilon_{r\,w} \approx$**36**. Обратим внимание, что в то же время диэлектрическая проницаемость воды вне резонансов монотонно меняется от значений $\varepsilon_w \approx$**78** на частоте около **1 ГГц** до значений $\varepsilon_\infty \approx$**10** на частотах вблизи **300 ГГц** [29].

Участие воды в генерации ДМ радиоволн

Результаты проведенной серии экспериментов дают право считать **ДМ**-радиоволны частотой **1 ГГц** резонансными волнами молекулярной структуры воды.

Поэтому, на наш взгляд, источником резонансных **ДМ**-радиоволн на частоте $\nu_{гг}$**=1 ГГц** является не столько паразитная гармоника в спектре частот **КВЧ**-генераторов, а прежде всего сама водная среда! Хотя присутствие в спектре частот генераторов паразитной гармоники на частоте **1 ГГц** не исключено, но тогда нужно допустить, что все типы генераторов, которые использовались, без исключения – на **ЛОВ, клистроне, диоде Ганна и ЛПД**, и в диапазоне всех резонансных частот от **25 ГГц** до **150 ГГц** (см рис. 1) должны включать эту «паразитную» гармонику в свои спектры излучений. Кстати, эксперименты по поиску радиоволн на частоте **1 ГГц** в спектре частот генераторов необходимо проводить в «сухой» атмосфере, иначе возбуждение в парах воды резонанса на **1 ГГц** будет воспринято как наличие «паразитной» гармоники. Далее этот тезис экспериментально проверяется.

В плане «расследования» причастности воды в радиоизлучениях на частоте **1 ГГц** любопытна следующая серия опытов, проводившаяся в помехозащитном боксе с подавлением электромагнитных помех **-30 дБ**. Эксперименты этой серии проводились по схеме рис. 7.

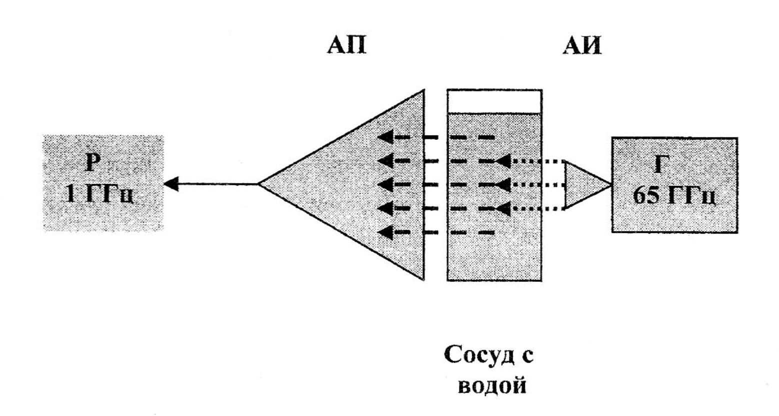


Рис. 7. Схема экспериментов по радиоволновой ММ/ДМ люминесценции воды: Г – ММ-генератор, АИ – излучающая антенна, Р – ДМ-радиометр, АП – приемная антенна

Обнаружено, что присутствие воды в пространстве распространения радиоволн, включая внутреннее пространство приемной антенны, существенно влияет на принимаемый радиометром сигнал частотой **1 ГГц** – рис. 8. (плотность принимаемой мощности лежит в диапазоне **~10^{-15}-10^{-14} Вт/см^2**).

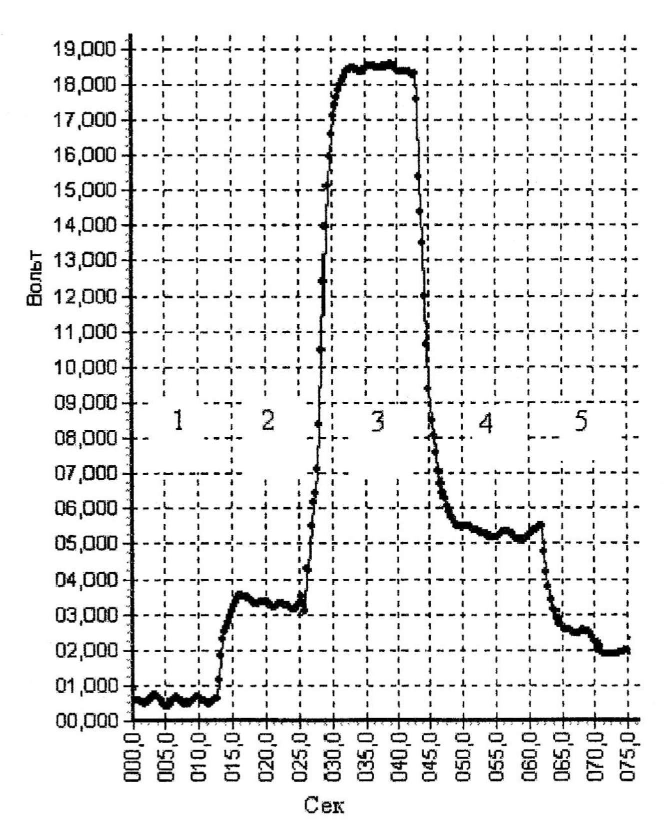


Рис. 8. Возбуждение резонансными ММ-радиоволнами частотой 65 ГГц резонансных ДМ-радиоволн частотой 1 ГГц в воде и атмосфере: 1 – начальный фон, 2 – начальный радиотклик атмосферы, 3 – радиоотклик воды, 4 – остаточный радиоотклик атмосферы, 5 – остаточный фон

Вызвает интерес влияние атмосферной воды. В этом плане проведены опыты по влиянию концентрации и молекулярной упорядоченности (эн-тропии) паров воды во внутреннем пространстве приемной рупорной ан-тенны на переизлучение парами радиоволн в полосе частот вблизи **1 ГГц.** Концентрация паров менялась путем вымораживания сухим льдом **(-78 С)**, а упорядоченность (энтропия) - наложением магнитного поля.

Эксперименты ставились по схеме рис. 9.

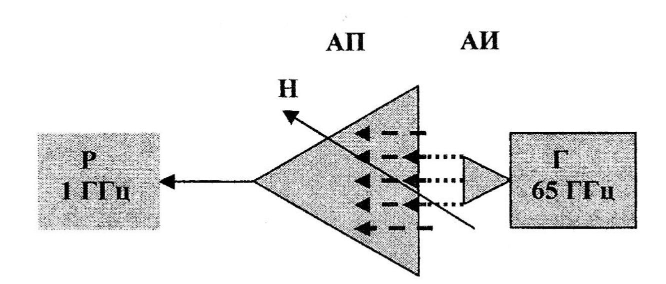


Рис. 9. Схема экспериментов по влиянию состояния атмосферы в волноводном тракте: Г – ММ-генератор, АИ – излучающая антенна, Р – ДМ-радиометр, АП – приемная рупорная антенна, Н – внешнее магнитное поле

На рис. 10 представлены результаты в виде гистограммы (плотность принимаемой мощности находится в диапазоне $\sim10^{-16}$-10^{-15} **Вт/см^2**).

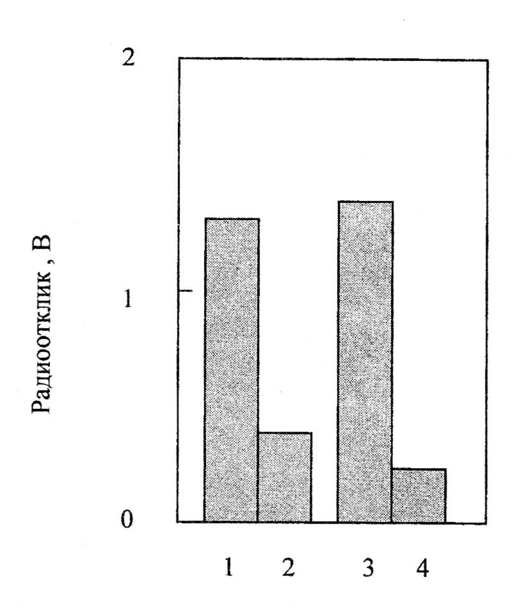


Рис. 10. Зависимость радиооткликов атмосферы от факторов воздействия: 1, 3 – естественная атмосфера, 2 – вымороженная атмосфера, 4 – атмосфера в магнитном поле

Как показывают результаты данной серии опытов жидкая вода и ее пары возбуждаются резонансными **ММ**-радиоволнами и становятся источником вторичных резонансных **ДМ**-радиоволн в полосе частот **1 ГГц.**

Выводы

В результате проведенной серии экспериментов с применением **ТРФ** топографа показано, что:

- **ММ- и ДМ**-частоты **65 ГГц** и **1 ГГц**, используемые в **ТРФ**-топографе, являются частотами собственных (резонансных) колебаний молекулярных фрагментов структуры воды;
- в воде реализуется эффект взаимного преобразования частот резонансных радиоволн между **ММ↔ДМ** диапазонами, которые можно интерпретировать как стоксову и антистоксову люминесценцию в радиодиапазоне;
- жидкая вода и пары принимают активное участие в генерации вторичных резонансных **ДМ** радиоволн в полосе частот **1 ГГц**;
- представленная модель фрактально-кластерной стуктуры воды как связанная многоуровневая система фрактальных молекулярных структур объясняет эффект взаимного преобразования частот резонансных радиоволн между **ММ↔ДМ** диапазонами;
- **ТРФ**-топограф может быть использован в качестве аналитического прибора, чувствительного к радиоволновому и фазовому состоянию водной среды.

📖 Литература

1. ***Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона - Радиотехника и электроника, 1995, т. 40, вып. 1.
2. ***Петросян В.И., Житенева Э.А., Гуляев Ю. В., Девятков Н.Д. , Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Физика взаимодействия миллиметровых волн с объектами различной природы - Биомедицинская радиоэлектроника, 1996, №3 в ж. Радиотехника, 1996, №9.
3. ***Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Резонанс молекулярной системы как термодинамическое фазовое состояние - Радиотехника и электроника, 1998, т. 43, №7.
4. ***Синицын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В.*** Особая роль системы «миллиметровые волны-водная среда» в природе - Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, №1,- Биомедицинская радиоэлектроника, 1999, №1,- Наукоемкие технологии, 2001, т. 2, №2.
5. ***Sinitsyn N.I., Petrosyan V.I., Yolkin V.A., Devyatkov N.D., Gulyaev Yu.V., Betskii O.V.*** Special Function of the «Millimeter Wavelength Waves-Aqueous Medium» System in Nature – Critical Reviews in Biomedical Enqineering, 2000, v. 28, №1&2.
6. ***Синицын Н И., Петросян В.И., Елкин В.А..*** «СПЕ-эффект». - Радиотехника, 2000, №8.
7. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.И.*** Роль молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологических систем - Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, №5-6.
8. ***Петросян В.И., Громов М.С., Власкин С.В., Благодаров А..В.*** Транс-резонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование - Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2003, №1 (29).
9. ***Бецкий О.В.*** От редактора выпуска - Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, №1.
10. ***Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.*** Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности – М: Радио и связь, 1991.
11. ***Бецкий О.В.*** Миллиметровые волны в биологии и медицине – Радиотехника и эленктроника, 1993, т. 36, № 10.
12. ***Бецкий О.В., Лебедева Н.Н.*** Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных волн набиологические объекты – Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2001, № 3.
13. ***Бецкий О.В, Креницкий А.П., Лебедева Н.И., Майбородин А.В., Тупикин В.Д.*** Биофизические эффекты волн терагерцового диапазона и перспективы развития новых направлений в биомедицинской технологии: Терагерцовая терапия и Терагерцовая электроника - Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, №12.
14. ***Петросян В.И., Брилль Г.Е., Житенева Э.А., Гуляев Ю.В., Девятков Н.Д., Елкин В.А., Мартынов Л.А., Синицын Н.И.*** Метод исследования изменений резонансных структур биологических жидкостей под воздействием низкоинтенсивного лазерного излучения - Биомедицинская радиоэлектроника, 1996, №3 в ж. Радиотехника, 1996, №9.
15. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А, Бриль Г.Е., Разумник Д.А.*** Лазеростимулированные радиоизлучения биоткани и водных сред - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2.
16. ***Бессонов А.Е., Калмыкова Е.А.*** Информационная медицина – М.: «Лидо», 2003.
17. ***Брилль Г Е., Петросян В И., Синицын Н.И., Елкин В.А*** Поддержание структуры водного матрикса – важнейший механизм гомеостатической регуляции в живых системах (концептуальная модель и ее базовое экспериментальное обоснование) - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2.
18. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В. А., Майбородин А.В.. Тупикин В.Д., Надежкин Ю.М.*** Проблемы прямого и косвенного наблюдения резонансной прозрачности водных сред в миллиметровом диапазоне - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №1.
19. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А.*** Люминесцентная трактовка «СПЕ-эффекта» - Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2002, №1.
20. ***Богородский В.В., Гаврило В.П.*** Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии – Л.: Гидрометеоиздат, 1980.

21. ***Синюков В.В.*** Вода известная и неизвестная – М.: Знание, 1987.
22. ***Самойлов О.Я.*** Структура водных растворов , электролитов и гидратация ионов – М.: АН СССР, 1957.
23. ***Гайдук В.И.*** Вода, излучение, жизнь – М.: Знание, 1991, Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика», №7.
24. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А, Башкатов О.В.*** Взаимодействие водосодержащих сред с магнитными полями - Биомедицинская радиоэлектроника 2000, №2.
25. ***Лященко А.К., Новскова Т.А.*** Структурно-кинетические характеристики и высокочастотные свойства жидкостей с диполь-дипольным взаимодействием – Журнал химической физики, 2003, т. 76, № 11.
26. ***Башаринов А..Е., Тучков Л.Т., Поляков В.М., Ананов Н.И.*** Измерение радиотепловых и плазменных излучений в СВЧ-диапазоне – М.: Сов. радио, 1968.
27. ***Gaiduk V.I.*** The interaction of electromagnetic radiation with H_2O molecules in liquid water and water bound by the biological structures – Biological Aspects of Low Intensity Millimeter Waves, Eds. N.D. Deviatkov, O.V. Betskii, M., 1994.
28. ***Бурдун Г.Д., Валитов Р.А., Брянский Л.Н., Кукуш В.Д., Проненко В.И.*** Радиоизмерения на миллиметровых волнах – Харьков: Госуниверситет, 1958.

The resonance properties and the structure of water

Petrosyan V.I., Maiborodin A.V., Dubovickiy S.A., Vlaskin S.V., Blagodarov A.V., Melnikov A.N.

The interrelated processes of the radio-waves of water resonant "transparency" with the molecular structure peculiarities of liquid water phase are discussed in the paper. The experimental data of the mutual excitation of radio-waves on various resonant frequencies with water participation were advanced. The phenomenon of resonant-wave water state was proved and it was shown that liquid and atmospheric water really was as a source and a conductor of the resonance "limpidity" radio-waves corresponding to own waves of water resonance-wave state.

Синтетическая активность лимфоцитов крови: влияние излучения миллиметрового диапазона



Чуян Е.Н., Махонина М.М.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, АР Крым, г. Симферополь

Методом люминесцентного спектрального анализа проведены исследования изменения показателя функциональной активности лимфоцитов крови крыс при изолированном, комбинированном и последовательном с гипокинезией (ГК) действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ). Показано, что при действии ЭМИ КВЧ на интактных животных увеличивается синтетическая активность лимфоцитов относительно значений в контрольной группе животных, что свидетельствует о повышении уровня иммунной резистентности организма. Под влиянием девятисуточной ГК происходит снижение показателя синтетической активности лимфоцитов, свидетельствующее о депрессии синтетических процессов в клетках. Модифицирующее влияние ЭМИ КВЧ на изменение синтетической активности лимфоцитов при ГК выражается в ослаблении действия ограничения подвижности на изменение функциональной активности лимфоцитов крови крыс. Коррекция стресс-индуцированного изменения функциональной активности лимфоцитов происходит как при комбинированном, так и при последовательном воздействии ЭМИ КВЧ на животных с ограничением подвижности. Ограничение подвижности также модифицирует действие ЭМИ КВЧ, что проявляется в снижении показателя синтетической активности лимфоцитов при комбинированном действии ГК и ЭМИ КВЧ относительно этого показателя у животных, подвергнутых изолированному действию ЭМИ КВЧ.

Введение

Эффекты низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) миллиметрового диапазона, не связанные с тепловым воздействием, описывались исследователями начиная с 50-х годов. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что нетепловое ЭМИ крайне высокой частоты (КВЧ) вызывает различные биологические эффекты, изменяя как скорость, так и направление биологических реакций [1, 2]. Уже на первых этапах исследования КВЧ-излучения был выявлен ярко выраженный терапевтический эффект этого физического фактора. В связи с этим ЭМИ КВЧ используется в медицине для лечения широкого спектра заболеваний [2, 3].

Для определения эффективности применения ЭМИ КВЧ в медицине существует ряд приемов, сущность которых заключается, например, в оценке уровня свободного гепарина [4], изменения некоторых показателей системы гемостаза (фибринолитического и гипокоагуляционного звеньев), регистрации изменения реологических параметров крови [5] в ходе КВЧ-облучения. В настоящее время обосновываются новые методические подходы с использованием метода хемилюминесценции [6] и аппаратно-программного комплекса цитофотометрии [7]. Однако, поскольку эти методы основаны на регистрации изменений различных показателей крови *in vitro*, они не позволяют судить об изменениях, происходящих под влиянием ЭМИ КВЧ на системном и организменном уровнях, тогда как экспериментально доказано, что ответы на КВЧ-воздействие изолированных кле-

ток часто не совпадают с таковыми, выявленными после общего облучения животных [8]. По-видимому, это связано с тем, что восприятие информационных ЭМИ возникает на уровне сложноорганизованных биологических систем и полностью проявляется только в целостном организме.

Современный этап развития физиологии характеризуется интенсивным развитием методов, позволяющим *in vivo* исследовать функционирование органов и тканей на клеточном и молекулярном уровнях. Одними из наиболее перспективных и активно разрабатываемых подходов для решения подобных задач являются флуоресцентные методы. Анализ базы данных "Medline" показывает, что за последние 10 лет число исследований с использованием флуоресцентных методов выросло более чем в два раза. Это стало возможным благодаря созданию флуоресцентных красителей (или флуоресцентных зондов) и разработке высокочувствительных детекторов светового излучения, используемых совместно с техникой прижизненной световой микроскопии.

В многочисленных исследованиях показано, что наиболее остро реагирующими на действие ЭМИ КВЧ являются клетки иммунной системы и периферической крови, в частности, лимфоциты. Они обладают такими специфическими свойствами, которые могут служить индикаторами состояния организма, отражая его адаптивные и дезадаптивные изменения [9]. Исследование синтетической (функциональной) активности лимфоцитов крови флуоресцентным микроспектральным методом является способом интегральной оценки состояния не только иммунной системы, но и процессов, происходящих в целом организме [10, 11]. Поэтому лимфоциты, обладающие высокой чувствительностью к внешним воздействиям, служат удобным объектом при изучении эффективности действия на организм факторов разной природы и интенсивности, в том числе и ЭМИ КВЧ.

В реальных условиях низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ, как и другие факторы окружающей среды, может действовать на организм с измененным функциональным состоянием и в комбинации с другими раздражителями, в том числе и высокоинтенсивными. Доказана способность ЭМИ КВЧ корригировать различные реакции и, в частности, развитие стресса «иммунной» (введение антигена) и «не иммунной» (ограничение подвижности) природы [12]. Однако при комбинированном действии любых факторов вообще, и ЭМИ КВЧ и гипокинезии (ГК), в частности, необходимо учитывать их взаимное влияние, т.е. способность ЭМИ КВЧ корригировать адаптогенез при ГК и способность ГК модифицировать адаптационные реакции, развивающиеся при действии ЭМИ КВЧ.

В связи с этим, целью настоящей работы явилось изучение изменения функционального состояния синтетического аппарата лимфоцитов крови крыс при изолированном, комбинированном и последовательном с ГК действии ЭМИ КВЧ, а так же модифицирующих эффектов этих воздействий.

Материалы и методы

Исследования выполнены на 64 беспородных белых крысах-самцах массой 120–150 г., полученных из опытно-экспериментального питомника Института гигиены и медицинской экологии, фирма «Феникс» (г. Киев). Для эксперимента отбирали животных одинакового возраста, характеризующихся средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью в тесте "открытого поля". Подобный отбор позволил сформировать

однородные группы животных, однотипно реагирующих на действие различных факторов.

Предварительно отобранные животные были разделены на 4 группы по 16 особей в каждой (рис. 1).

№ группы	ВОЗДЕЙСТВИЕ																	
1	контроль																	
2	КВЧ							без воздействий										
3	ГК							КВЧ										
								без воздействий										
4	КВЧ+ГК							без воздействий										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

- взятие крови

Рис. 1. Схема комбинации воздействий в экспериментальных группах животных

К первой группе отнесились животные, содержавшиеся в обычных условиях вивария (биологический контроль, К). Животные второй группы подвергались 9-тидневному изолированному воздействию ЭМИ КВЧ. Третью группу составили крысы, подвергнутые действию стресса. Стресс индуцировался путем ограничения подвижности (гипокинезия, ГК). ГК создавалась помещением крыс в специальные пеналы из оргстекла, в которых они находились в течение 9-ти дней эксперимента по 22 часа в сутки. В четвертую группу вошли животные, находившиеся в условиях ГК и одновременно подвергавшиеся воздействию ЭМИ КВЧ (КВЧ+ГК). Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось в течение 9-ти суток с помощью генератора “Луч. КВЧ-071” (λ=7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см^2) на затылочно-воротниковую область по 30 мин ежедневно.

С целью изучения эффекта последействия ЭМИ КВЧ и влияния этого физического фактора на восстановительный период после ГК на 9-е сутки эксперимента третья группа (ГК) была разделена на две подгруппы (n = 8). Крыс первой подгруппы (ГК-КВЧ) подвергали воздействию ЭМИ КВЧ в течение последующих девяти суток. Крысы второй подгруппы (ГК), а также остальных экспериментальных групп (К, КВЧ, КВЧ+ГК) в течение этого времени оставались интактными.

Кровь для исследования брали из хвостовой вены перед экспериментальными воздействиями, на 5-е, 9-е, 12-е, 15-е и 18-е сутки эксперимента.

Обработка мазков крови и окраска их акридиновым оранжевым (АО) проводилась в соответствии с методикой В.Н. Карнаухова и Н.А. Карнауховой [10, 11]. Окрашенные мазки исследовали методом микроспектрального флуоресцентного анализа с использованием люминесцентного микроскопа МЛ-4 с фотометрической насадкой ФМЭЛ-IК. В данной работе исследованы лимфоциты без видимых повреждений в структуре. Спектры люминесценции регистрировались с помощью микрофлуориметра на длинах волн 530 и 640 нм. Флуоресценция возбуждалась излучением ртутной дуговой лампы ДРШ 250-2 на длине волны 436 нм, выделяемой при помощи светофильтров. Размер фотометри-

руемого участка соответствовал размерам клетки (7-10 мкм).

Функциональное состояние синтетического аппарата клетки описывается безразмерным параметром α, представляющим собой отношение флуоресценции в красной (I_{640}) и зеленой (I_{530}) областях спектра лимфоцитов, окрашенных АО. Флуоресценция в красной области спектра обусловлена димерами АО, связанными с односпиральными нуклеиновыми кислотами (преимущественно функционально активной рибосомальной РНК в зрелых дифференцированных клетках), в то время как в зеленой – мономерами АО, интеркалированными в двуспиральные нуклеиновые кислоты (преимущественно ДНК):

$$\alpha = \frac{I_{640}}{I_{530}} = \frac{k_1 HK_1}{k_2 HK_2} = \frac{K(APHK)}{ДHK},$$

где АРНК – активная компонента РНК одиночной клетки; k_1, k_2, K – коэффициенты связывания АО с нуклеиновыми кислотами (НК) [12].

Для изучения модифицирующих эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ и гипокинетического стресса использовался коэффициент модификации (КМ, усл. ед.), отражающий влияние одного фактора на действие другого:

$КМ_{КВЧ}$ = ((ГК + КВЧ) – ГК) / ГК,
$КМ_{ГК}$ = ((ГК + КВЧ) – КВЧ) / КВЧ,

где ГК, КВЧ, ГК + КВЧ – значения параметра α при воздействиях ГК, ЭМИ КВЧ и их комбинации соответственно, $КМ_{КВЧ}$ – коэффициент модифицирующего влияния ЭМИ КВЧ на действие ГК, $КМ_{ГК}$ – коэффициент модифицирующего влияния ГК на действие ЭМИ КВЧ.

Для определения достоверности между выборками использовался t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Как показали результаты проведенных исследований, среднее значения параметра α у животных контрольной группы лежали в диапазоне от 0,61±0,05 до 0,78÷0,01, что соответствует данным авторов методики [11].

Функциональное состояние синтетического аппарата лимфоцитов периферической крови у экспериментальных животных изменялось разнонаправлено при различных воздействиях (рис. 2).

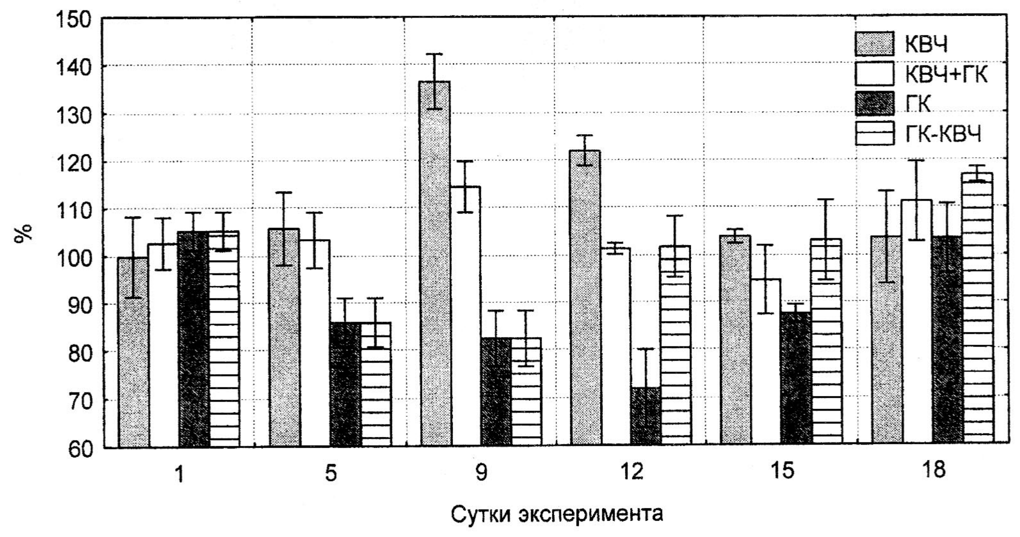


Рис. 2. Изменение показателя синтетической активности лимфоцитов (α) при воздействиях ЭМИ КВЧ (КВЧ), гипокинезии (ГК), их комбинированном (КВЧ+ГК) и последовательном (ГК-КВЧ) действии (в % относительно значений в контрольной группе)

Действие ЭМИ КВЧ на интактных животных проявилось в тенденции к увеличению показателя синтетической активности лимфоцитов на пятые сутки эксперимента ($p>0,05$) и его достоверном росте на девятые сутки на 36,5% ($p<0,001$) относительно значений этого показателя в контрольной группе животных, что свидетельствует о повышении функциональной активности лимфоцитов, а, следовательно, иммунной системы в целом.

После 9-ти суточной ГК происходило уменьшение параметра α на 17,6% ($p<0,001$) относительно значений этого показателя в контрольной группе, что, вероятно, являлось результатом неспецифической депрессии синтетических процессов в клетках и связано с нарушением метаболизма и энергетики лимфоцитов, происходящим в результате развития стресс-реакции.

Комбинированное воздействие ЭМИ КВЧ и ГК вызвало достоверное повышение параметра α относительно такового у животных, также находившихся в условиях ГК, но дополнительно не подвергавшихся действию ЭМИ КВЧ. Так, на 5-е сутки значение параметра α было выше на 17,4% ($p<0,01$), а на девятые на 32,2% ($p<0,05$) относительно значений этого показателя у гипокинезированных животных 3-й группы. При этом данный коэффициент не имел достоверных отличий при сопоставлении его с контрольными значениями в течение всего эксперимента ($p>0,05$).

Таким образом, ЭМИ КВЧ препятствует стресс-индуцированному снижению показателя синтетической активности лимфоцитов крови, следовательно, обладает стресс-протективным действием. Доказательством этого является изменение $КМ_{КВЧ}$ (рис. 3).

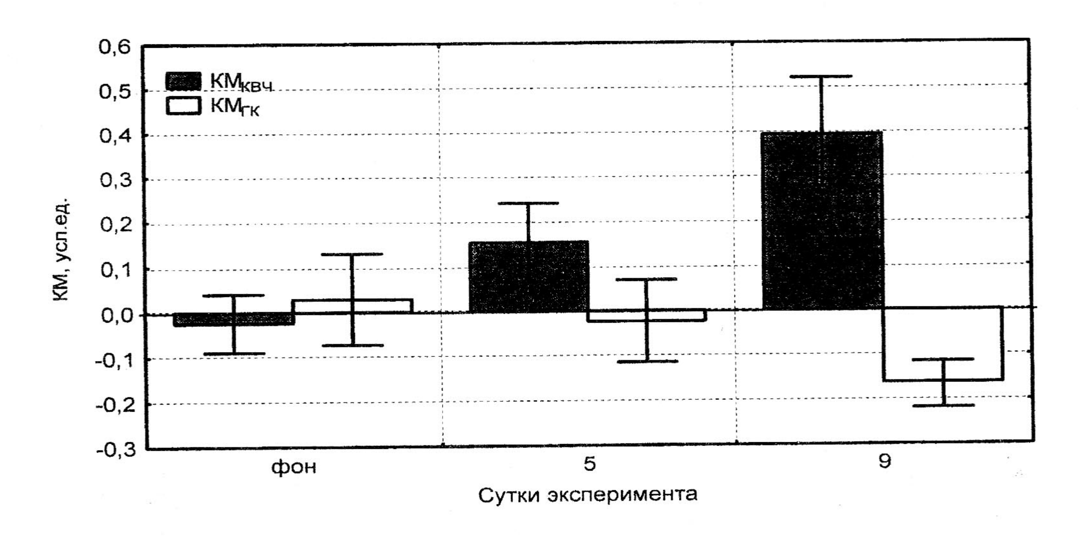


Рис. 3. Изменение коэффициента модификации (КМ, усл. ед.) ЭМИ КВЧ (КВЧ) и гипокинезии (ГК)

Модифицирующее влияние ЭМИ КВЧ на изменение синтетической активности лимфоцитов при ГК выражалось в увеличении $КМ_{КВЧ}$ до 0,39 усл. ед. на 9-е сутки эксперимента, что указывает на ослабление действия ограничения подвижности с помощью низкоинтенсивного КВЧ-излучения.

Следует отметить, что стресс-фактор (ГК) также модифицирует адаптационную реакцию, развивающуюся у крыс при действии ЭМИ

КВЧ. Это выражалось в увеличении абсолютного значения индекса $КМ_{ГК}$ от 0 до 0,16 усл. ед. к 9-м суткам эксперимента. При этом $КМ_{ГК}$ приобрел отрицательный знак, что указывает на уменьшение действия сочетанного применения ГК и ЭМИ КВЧ на изменение синтетической активности лимфоцитов по сравнению с изолированным КВЧ-воздействием. Причем необходимо отметить, что абсолютное значение $КМ_{КВЧ}$ было на 143,8% больше $КМ_{ГК}$. Следовательно, модифицирующее действие ЭМИ КВЧ на изменение параметра α при ГК проявилось в большей степени, чем модификация ограничением подвижности воздействия КВЧ-излучения.

Таким образом, результаты данного исследования позволили выявить не только способность ЭМИ КВЧ корригировать действие ГК, но и возможность ГК модифицировать адаптационные реакции, развивающиеся при действии ЭМИ КВЧ. Эти данные необходимо учитывать как при объяснении механизмов действия физических факторов, так и при решении прикладных задач практического здравоохранения.

После прекращения КВЧ-воздействия наблюдалось уменьшение значений α в группах животных, которые изолированно или в комбинации с ГК подвергались воздействию ЭМИ КВЧ относительно значений этого показателя, зарегистрированных на 9-е сутки эксперимента (рис. 2). Так, если через три дня после прекращения КВЧ-воздействия (12-е сутки) значение параметра α во 2-й группе (КВЧ) составило 121,9% относительно значений этого показателя в контрольной группе крыс ($p<0,02$), что на 14,6% ниже значений, зарегистрированных после 9-ти сеансов ЭМИ КВЧ (9-е сутки), то уже на 15-е сутки разница с контрольной группой составила лишь 3,8% ($p>0,05$), оставаясь таковой до конца эксперимента (18-е сутки).

Таким образом, эффект последействия в результате 9-тидневного изолированного применения ЭМИ КВЧ сохранялся в течение последующих 6-ти суток эксперимента. Эти данные согласуются с результатами, полученными при изучении изменения психофизиологических показателей под влиянием КВЧ-излучения у людей, указывающими на длительный период последействия (15 суток) [13], и позволяют сделать вывод о кумулятивном характере биологического эффекта ЭМИ КВЧ.

После прекращения воздействия 9-тисуточной ГК в третьей группе животных (ГК) функциональная активность лимфоцитов продолжала снижаться в течение последующих трех суток (71,9%, $p<0,05$), а на 5-е сутки значение параметра α составило 87,5% ($p<0,05$) относительно значений контрольной группы крыс. Нормализация наступила лишь на 9-е сутки после ГК, когда значение α достигло контрольных значений (103,4%; $p>0,05$). Иная ситуация наблюдалась в подгруппе животных, подвергнутых последовательному действию ГК и ЭМИ КВЧ (ГК-КВЧ). У животных этой подгруппы после прекращения воздействия ГК уменьшения синтетической активности лимфоцитов не происходило, напротив, коэффициент α уже на третьи сутки после начала облучения достиг значений этого показателя в контрольной группе крыс ($p>0,05$). В течение 10-18-х суток наблюдения сохранялось достоверное отличие между значениями коэффициента α у крыс этой подгруппы с таковым у животных, которые оставались после действия ГК интактными, при этом максимальное различие коэффициента α составило 29,9% ($p<0,05$) на 12-е сутки эксперимента.

Следовательно, восстановительный период показателя α после гипокинетического стресса составил 9 суток, в то время как у крыс, подвергнутых последовательному действию ГК и КВЧ, восстановление исследуемого параметра до уровня контрольных значений произошло уже после третьего сеанса КВЧ-воздействия, а после 9-го зафиксировано его значительное повышение относительно контрольных значений (116,9%, $p<0,01$).

В группе крыс, предварительно подвергшихся комбинированному действию ЭМИ КВЧ и ГК, значение параметра α имело тенденцию к снижению относительно уровня этого показателя, достигнутого на 9-е сутки наблюдения, при этом оставаясь на уровне контрольных значений. Так, на третьи сутки после прекращения экспериментальных воздействий (12 сутки) параметр α составил 101,3% ($p>0,05$).

Таким образом, воздействие ЭМИ КВЧ привело к увеличению функциональной активности лимфоцитов у животных с ограничением подвижности как при одновременном действии его с ГК, так и при действии на животных, которые перед КВЧ-воздействием подверглись девятисуточному стрессу. Это свидетельствует о повышении уровня иммунной резистентности организма и подтверждает наши предыдущие исследования, в которых показана способность ЭМИ КВЧ изменять параметры иммунных реакций организма посредством увеличения дегидрогеназной активности лимфоцитов периферической крови и содержания цитокинов в плазме крови (интерферона-γ и фактора некроза опухолей-α) у животных, подвергнутых ограничению подвижности и/или инфицированию [12]. Установлено, что главным эффектом КВЧ-воздействия на живые объекты (в том числе, человека) является повышение устойчивости организма к воздействию внешних и внутренних неблагоприятных факторов, мобилизация его внутренних резервов за счет нормализации параметров нейроиммунноэндокринной системы [12, 14].

Ранее нами была изучена способность ЭМИ КВЧ лимитировать развитие стресс-реакции при его применении до ограничения подвижности, причем эффективность антистрессорного действия ЭМИ КВЧ при превентивном воздействии оказалась несколько выше, чем при одновременном с ГК [12]. Клинические наблюдения подтверждают, что профилактические курсы КВЧ-терапии эффективны при лучевой болезни, а так же снижают риск заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями или позволяют переносить их в более легкой форме [15-17]. По видимому, это связано с тем, что ЭМИ КВЧ увеличивает потенциальную мощность клеток крови, вызывая их прайминг, что приводит к повышению неспецифической резистентности организма [14]. Однако далеко не во всех случаях возможно применение ЭМИ КВЧ в качестве профилактического средства, поэтому важное значение имеет тот факт, что ЭМИ КВЧ оказывает антистрессорное действие и при применении его после действия стресс-фактора.

Заключение

В исследованиях авторов использованной нами методики В.Н. Карнаухова и Н.А. Карнауховой показано изменение показателя α у животных при остром и хроническом γ-облучении [11], воздействии слабых низкочастотных полей [18], изменении солнечной активности [19]. Наши исследования продемонстрировали чувствительность этого параметра к действию факторов как высокой (стресс-

фактор), так и низкой интенсивности (ЭМИ КВЧ). Поэтому, учитывая исключительно важную роль иммунной системы в обеспечении устойчивости организма к факторам разной природы и интенсивности, исследование изменения синтетической активности лимфоцитов, главных клеток иммунной системы, является перспективным в качестве способа определения эффективности применения как изолированного, так и комбинированного с другими факторами среды КВЧ-воздействия.

Литература

1. ***Samarketu, S.P., Singh, S.P., Jha, R.K.*** Effect of Direct Modulated Microwave Modulation Frequencies Exposure on Physiology of *Cyanobacterium Anabena dolilum* – Abstract book. Asia Pacific Microwave Conference, 1996, Vol. 2.1, P. 155–158.
2. ***Девятков Н.Д, Голант М.Б., Бецкий О.В.*** Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности – М.: Радио и связь, 1991, 168 с.
3. ***Арзуманов Ю.Л., Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Лебедева Н.Н.*** Применение мм-волн в клинической медицине (последние достижения) – Сб. докладов 11 Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине», М.: 1997, с. 9-12.
4. ***Киричук В.Ф., Головачева Т.В. Чиж А.Г.*** КВЧ-терапия – Саратов: Изд-во СГМУ, 1999, 360 с.
5. ***Зданович О.Ф., Пославсий М.В.*** Индивидуальная чувствительность больных к миллиметровому излучению и возможность ее определения – Сб. докладов 10 Российского симпозиума с межд. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине», М.: 1995, с. 64-65.
6. ***Гедымин Л.Е., Колпикова Т.Е., Балакирева Л.З. и др.*** Применение хемилюминесцентного метода при КВЧ терапии – Миллиметровые волны в биологии и медицине, 1997, № 9-10, с.3-7.
7. ***Будник М.И., Шмаров Д.А., Медовый В.С., Козинец Г.И.*** Обоснование нового методического подхода к индивидуальному подбору биотропных параметров электромагнитного терапевтического стимула миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов с использованием цитоморфометрии – Сб. докладов 13 Российского симпозиума с межд. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине», М.: 2003, с. 127-129.
8. ***Огай В.Б., Новоселова Е.Г., Фесенко Е.Е.*** Исследование влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения сантиметрового и миллиметрового диапазонов на пролиферативную и цитотоксическую активность лимфоцитов селезенки мышей – Биофизика, 2003, т. 48, вып. 3, с. 511-520.
9. ***Нарциссов Р.П.*** Прогностические возможности клинической цитохимии - Советская педиатрия, 1984, вып. 2, с. 267-294.
10. ***Карнаухов В.Н..*** Люминесцентный спектральный анализ клетки – М.: Наука, 1978, 209 с.
11. ***Карнаухова Н.А., Сергиевич Л.А., Аксенова Г.Е.*** Изменение флуоресцентных характеристик окрашенных акридиновым оранжевым лимфоцитов крови крыс после острого γ-облучения. – Биофизика, 1994, т. 39, № 1, с. 123-128.
12. ***Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Московчук О.Б. и др.*** Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003, 448 с.
13. ***Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П.. Чирский Н.В.*** Функциональная асимметрия у животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004, 440 с.
14. ***Чуян Е.Н.*** Нейроиммунноэндокрийные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты – Автореф. дис…д-ра биол.наук: КНУ, Киев, 2004, 40 с.
15. ***Рыжкова Л.В., Старик А.М., Волгарев А.П. и др.*** Защитный эффект низкоинтенсивного миллиметрового облучения при летальной гриппозной инфекции – Сб. докладов Международного симпозиума «Миллиметровые волны не тепловой интенсивности в медицине», М.: ИРЭ АН СССР, 1991, т. 2, с. 373-377.
16. ***Гуляев А.И., Петросян В.И., Лисенкова Л.А. и др.*** Теория и практика спектрально-волновой диагностики и прецизионно-

волновой терапии – Биомедицинская радиоэлектроника, 1996, № 9, с. 35-43.

17. ***Балчугов В.А., Ефимов Е.И., Карнаухов А.В., Анисимов С.И.*** КВЧ-профилактика инфекционных заболеваний в организационных коллективах – Миллиметровые волны в биологии и медицине, 1999, № 1 (13), с.34-37.

18. ***Карнаухова Н.А., Сергиевич Л.А., Квакина Е.Б., Барсукова Л.П., Марьяновская Г.Я., Кузьменко Т.С.*** Исследование функционального аппарата лимфоцитов крови при действии слабых низкочастотных магнитных полей – Биофизика, 2000, т. 45, № 4, с.716-722.

19. ***Карнаухов В.Н.*** Спектральный анализ в клеточном мониторинге состояния окружающей среды – М.: Наука, 2001, 186 с.

The synthetic activity of rat's blood lymphocytes: the influence of microwaves

E.N. Chuyan, M.M. Makhonina

The functional state of rat's blood lymphocytes in isolated, combined and successive with hypokinesia and low intensity EHF-exposure has been investigated by luminescent spectral analysis. The synthetic activity of intact animal lymphocytes increased under EHF-exposure in comparison with control group that testified the immune resistance level increase. The synthetic activity of lymphocytes decreased under hypokinesia influence that testified about cell's synthetic processes depression. The EHF-exposure both combined and successive with hypokinesia corrected the stress-induced reduction of lymphocytes synthetic activity decrease under hypokinesia. The restriction of motility modified the EHF-effect also that resulted in lymphocytes synthetic activity decrease under EHF-exposure combined with hypokinesia in comparison the same index under EHF-exposure only.

Биоэлектрическая активность мозга у крыс при действии микроволнового излучения и других внешних факторов



Сидоренко А. В., Солонович Н. А.

Белорусский государственный университет, г. Минск

В статье представлены результаты проведенния экспериментальных исследований влияния внешних факторов, включая фармакологические препараты и температурные воздействия, на биоэлектрическую активность мозга с использованием количественных и качественных параметров, на основе которых определены закономерности этих воздействий и проанализированы особенности модификации функционального состояния центральной нервной системы микроволновым излучением миллиметрового диапазона.

Электромагнитные излучения и их роль в процессах жизнедеятельности привлекают особое внимание исследователей в последнее десятилетие. Это обусловлено обеспечением безопасного для жизни и здоровья людей состояния окружающей среды как условия устойчивого экономического и социального развития государства, а так же усиливающейся антропогенной нагрузкой на организм человека и животных.

Одной из наиболее чувствительных к действию электромагнитных излучений является центральная нервная система. Установлено, что действие электромагнитных полей отражается на биоэлектрической активности мозга [1]. Характер биоэлектрической активности мозга зависит от функционального состояния сенсорных систем и параметров внутренней среды организма. При периферических раздражениях отмечается активация коры больших полушарий мозга. В результате поступления в кору сенсорных возбуждений происходят изменения электроэнцефалограмм или электрокортикограмм, что выражается переходом к более частым или редким низко- или высокоамплитудным колебаниям. Эти изменения зависят от параметров электромагнитных излучений, а также от состояния центральной нервной системы [1-4]. Можно предположить, что действие электромагнитных излучений способно повлиять на активирующие системы мозга и модифицировать биоэлектрический ответ на внешнее раздражение.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное изучение влияния микроволнового излучения на возникновение реакции животных в коре головного мозга в ответ на фармакологические и температурные воздействия.

Методика исследования

Экспериментальные исследования проводились на 50 беспородных белых крысах обоего пола массой 160-180 г. При проведении экспериментов животным под уретановым наркозом (1 г/кг, внутрибрюшинно) в стереотаксисе устанавливали позолоченные электроды диаметром 0,8 мм в соматосенсорную кору обоих полушарий головного мозга [5]. Использование уретана

в качестве наркоза обусловлено тем, что он подавляет локомоторные реакции, но не препятствует возникновению электроэнцефалографической реакции на внешнее раздражение и способность к выработке условного рефлекса [6]. В качестве фармакологического препарата для эксперимента выбран аминазин – нейролептик, одной из главных особенностей действия которого на центральную нервную систему является относительно сильный седативный эффект [7]. При этом действие аминазина происходит следующим образом: нарастающее с увеличением дозы общее успокоение сопровождается угнетением условно рефлекторной деятельности и, прежде всего, двигательно-оборонительных рефлексов, уменьшением спонтанной двигательной активности расслаблением скелетной мускулатуры. Наступает состояние пониженной реактивности к эндогенным и экзогенным стимулам, однако сознание при этом сохраняется. При проведении экспериментов введение аминазина в дозе 5 мг/кг, внутрибрюшинно, производилось через сутки после внутрибрюшинной инъекции уретана. Температурные воздействия осуществляли путем обкладывания животного кусочками льда или при использовании горячего воздуха от вентилятора. В процессе проведения эксперимента ректальная температура животного определялась термометром ТЭПМ–1. При микроволновом воздействии голову животного облучали низкоинтенсивным миллиметровым излучением в импульсно-модулированном режиме (частота несущей 42,2 ГГц, частота модуляции 1 Гц, плотность потока мощности 150 мкВт/см^2, скважность 30). В процессе экспериментальных исследований изучалось действие каждого из рассмотренных факторов, а также комбинированное действие аминазина и микроволн, температуры и микроволн на электркортикограмму. Регистрация электрокортикограмм производилась электроэнцефалографом EEG–16s Medicor (Венгрия). Обработка и анализ электрокортикограмм осуществлялись в разработанной нами информационно-измерительной системе [8].

Электроэнцефалограмма и ее аналог электрокортикограмма не являются строго периодическими и линейными сигналами. Поэтому наряду с традиционно используемым для анализа биоэлектрической информации спектральным корреляционным методом все большее применение находят методы нелинейной динамики. В соответствии с этим в предлагаемой работе в процессе обработки экспериментальных данных рассчитывались параметры электрокортикограммы: корреляционная размерность (d), нормированная энтропия Колмогорова (E), максимальная частота спектра f_m, спектральная плотность мощности основных ритмических компонент в дельта-, тета-, альфа-, дельта-, гамма-диапазонах. Вычисление корреляционной размерности и энтропии Колмогорова производилось при использовании метода задержанной координаты согласно алгоритма Гроссберга-Прокаччо [9], который позволяет количественно охарактеризовать различные функциональные состояния мозга в зависимости от сложности динамики анализируемых биоэлектрических процессов. Цифровые данные обработаны методом вариационной статистики, а при использовании метода нелинейной динамики дополнительно методом дискриминационной статистики [10, 11]. Достоверность вычисления корреляционной размерности, например, определялась путем вычисления параметра $K = \frac{d - d_s}{\sigma_s}$, где d – корреляционная размерность анализируемой реализации, d_s – среднее значение корреляционных размерностей,

полученных для реализаций суррогатных данных, σ - среднеквадратичное отклонение для суррогатных данных [11]. Использование дискриминационной метрики показывает, что при значении K>3 при обработке 25 суррогатных данных достоверность определения корреляционной размерности составляет 95%, т. е. вероятность ошибки $p<0,05$.

Достоверными при обработке цифровых данных считались результаты при вероятности ошибки $p<0,05$.

Результаты исследования

Как показали результаты [3,4] проведенных нами исследований, изменения биоэлектрической активности мозга при действии микроволновых излучений носят различный характер у бодрствующих и наркотизированных крыс. В частности, в экспериментах на наркотизированных крысах показано, что под действием микроволнового излучения происходит обогащение биоэлектрической активности мозга высокочастотными составляющими При сохранении характерных для наркотического сна низкочастотных дельта- и тета-ритмов происходит увеличение спектральной плотности мощности в альфа- и бета-диапазонах. В отличие от бодрствующих, у наркотизированных крыс при действии микроволнового излучения наблюдается увеличение параметра корреляционной размерности. В мозге повышается динамичность биоэлектрических процессов.

При комбинированном действии излучения миллиметрового диапазона и других факторов происходит модификация действия микроволн. Особый интерес представляют результаты наблюдений, полученные нами после облучения микроволнами наркотизированных уретаном животных, которым предварительно (за десять минут до облучения) был введен нейролептик аминазин. На электрокортикограмме установлено развитие эпилептиформной активности примерно у 20% животных через 7-10 минут после начала облучения. Электрофизиологически возникновение такой активности характеризовалось появлением пиковых осцилляций на электрокортикограмме амплитудой свыше 300 мкВ и частотой 0,5-3 Гц (рис. 1).

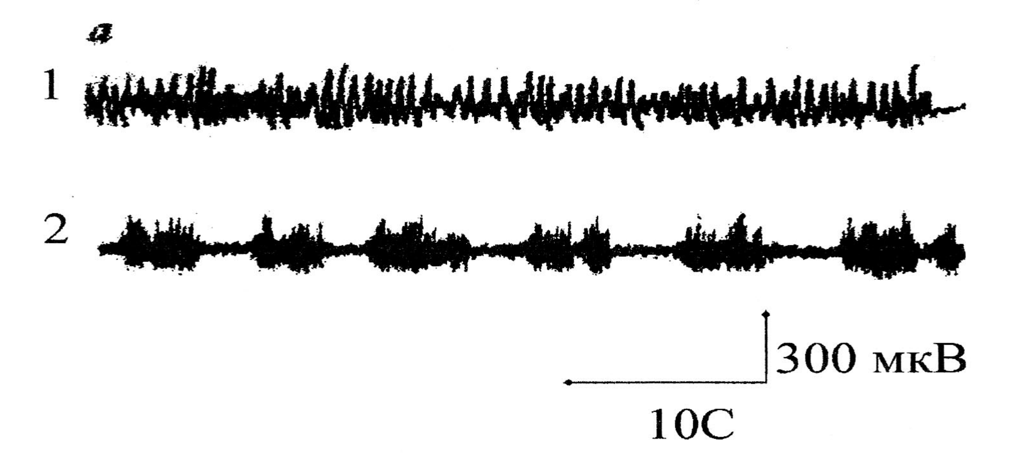


Рис. 1. Электрокортикограмма крысы: 1 – состояние контроля, уретан 1 г/кг, внутримышечно; 2 – действие аминазина (5мг / кг, внутрибрюшинно) и миллиметрового излучения ($f = 42,2$ ГГц, $f_m = 1$ Гц, ППМ = 150 мкВт/см^2, $Q = 30$)

Корреляционная размерность d электрокортикограммы при этом снижается для одной из реализаций с 2, 3842 до 2,2412 (K=2,8) (рис. 2, кривая 2). Под влиянием только аминазина также происходит снижение корреляционной размерности d, но максимальное значение этого эффекта наблюдается на 25 минуте (рис. 2, кривая 1).

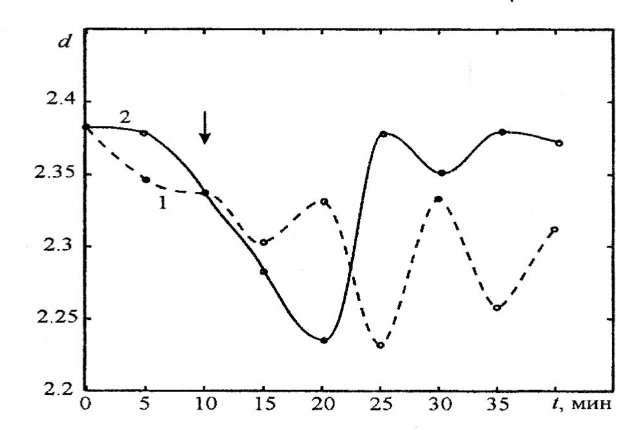


Рис. 2 . Динамика поведения корреляционной размерности d электрокорти-кограммы наркотизированной крысы под действием аминазина (5 мг/кг, внутрибрюшинно) (1), аминазина и миллиметрового излучения (f =42,2 ГГц,f_m=1 Гц, ППМ=150 мкВт/см^2, Q=30) (2). Стрелкой показано начало действия миллиметрового излучения

Действие микроволнового излучения модифицирует влияние седативного препарата путем ускорения реакции процессов, происходящих в мозге, при включении электромагнитного излучения. В данном случае такая реакция наступает на пять минут раньше (рис. 2). Интересно отметить, что в предыдущие и последующие моменты при комбинированном действии микроволнового излучения и аминазина, в отличие от действия только аминазина, поведение параметра корреляционной размерности носит противоположный характер. Изменения нормированного значения энтропии Колмогорова E происходят синхронно отклонениям корреляционной размерности и носят фазовый характер, причем минимальные их величины совпадали по времени (рис. 3).

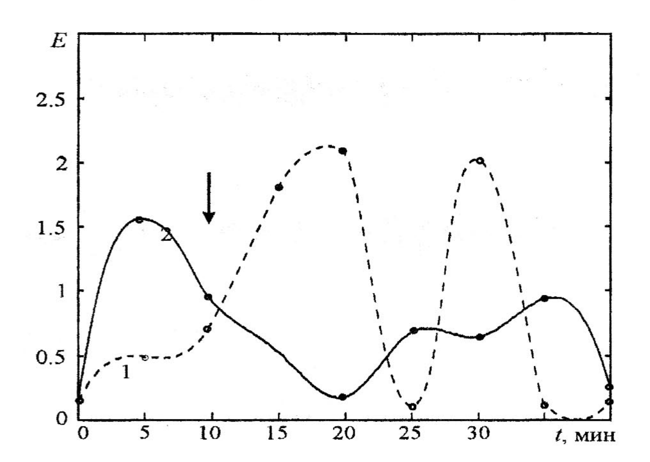


Рис.3. Динамика поведения нормированной энтропии Колмогорова E, электрокортикограммы наркотизированной крысы под действием аминазина (5 мг/кг, внутрибрюшинно), аминазина и миллиметрового излучения(f = 42,2 ГГц, f_v=1 Гц, ППМ = 150 мкВт/см^2, Q = 30). Стрелкой показано начало действия миллиметрового излучения

Поведение параметров, рассчитанных методом нелинейной динамики, указывает на снижение устойчивости динамичности биоэлектрических процессов в центральной нервной системе в течение развития эпилептиформной активности.

Таким образом, микроволновое излучение модифицирует действие седативного препарата аминазина на биоэлектрическую активность мозга, что количественно в динамике подтверждается параметром корреляционной размерности.

Экспериментально проводились исследования влияния температурных воздействий на биоэлектрическую активность мозга крыс.

Анализ параметра корреляционной размерности d показал циклический характер изменения с минимальным значением d=2,5138 (t=35°C) и его возрастанием до значений d=2,5523 (t=34°C) и d=2,5845 (t=37°C, K=2,8) при вариациях температуры в диапазоне от 33°C до 38° C (кривая 1, рис. 4).

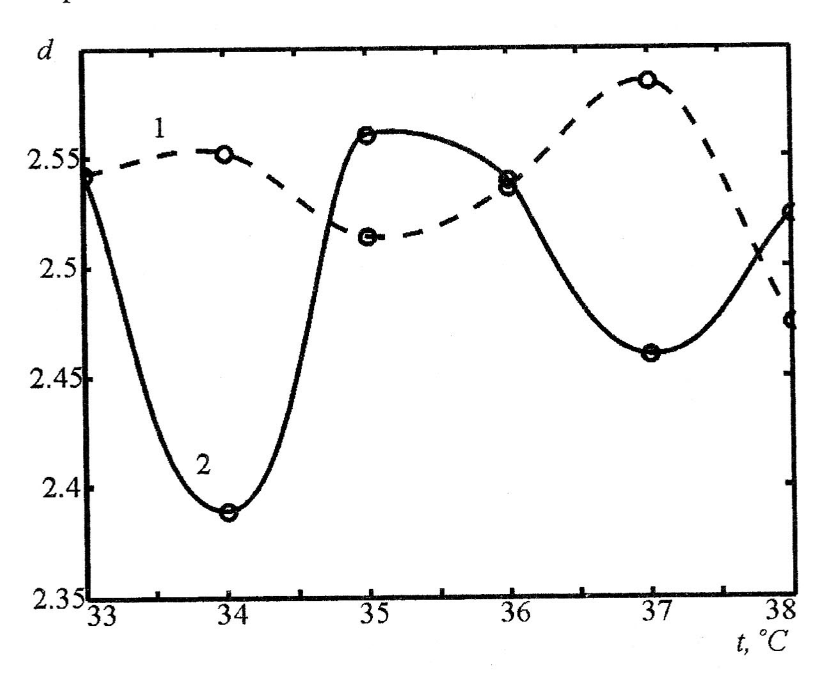


Рис.4. Динамика поведения корреляционной размерности d электрокортикограммы наркотизированной крысы под действием температуры (1), температуры и миллиметрового излучения (f = 42,2 ГГц, f_m= 1 Гц, ППМ = 150 мкВт/см^2, Q = 30) (2)

Действие же микроволнового излучения при таком режиме вызывает реакции центральной нервной системы животных, которые приводят к изменению направленности отклонений корреляционной размерности на противоположное с увеличением температуры (кривая 2, рис. 4). При этом минимальное значение указанного параметра наблюдается при t=34°C и составляет d=2,4389 (K=2,9). При дальнейшем увеличении температуры после некоторого возрастания d при температуре 35°C происходит снижение указанного параметра до d=2,4598 (t=37°C, K=2,7).

Поведение параметра корреляционной размерности d в процессе облучения животного микроволновым излучением в течение семи минут при различных температурах представлено на рис. 5.

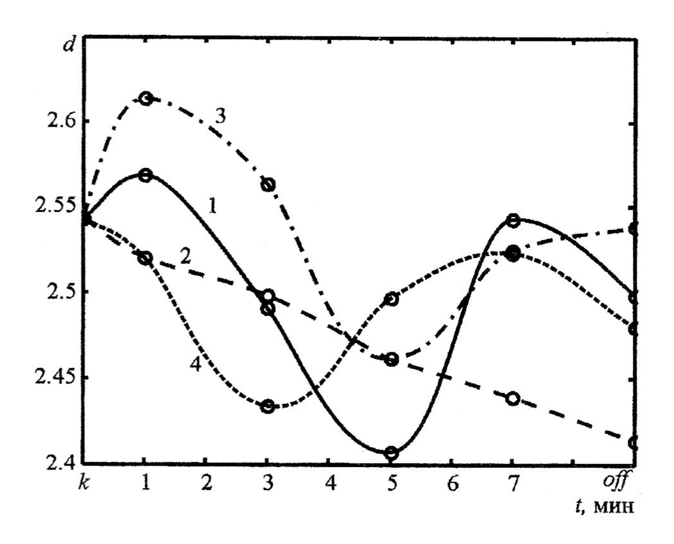


Рис.5. Динамика корреляционной размерности d электрокортикограммы при микроволновом облучении (f = 42,2 ГГц, f_m= 1 Гц, ППМ = 150 мкВт/см^2, Q = 30) и различных температурах: 1- t = 33°C; 2 - t = 34°C; 3 - t = 37°C; 4 - t = 38°C

Действие микроволнового излучения на животное (t=34°C) приводит к вариации корреляционной размерности с минимальным значением на пятой минуте d=2,4070 (K=2,8). Снижение корреляционной размерности может свидетельствовать о переходе биоэлектрических процессов в мозге в динамически более стабильное состояние. Такой эффект соответствует снижению уровня спектральной плотности мощности в диапазоне тета-, альфа-, бета-ритмов (рис. 6) при анализе электрокортикограмм традиционным спектральным корреляционным методом. После снятия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона наблюдается снижение активности центральной нервной системы, что подтверждается возрастанием мощности дельта-ритма (рис. 6).

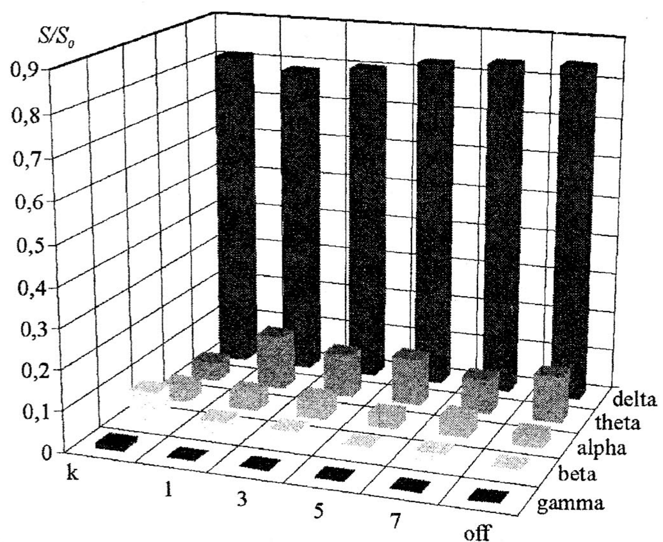


Рис.6. Гистограмма распределений спектральной плотности мощности S/S$_o$, отн.ед. в диапазонах ритмических составляющих электрокортикограммы при микроволновом облучении (f =42,2 ГГц, f_m=1 Гц, ППМ =150 мкВт / см^2, Q =30) и температуре t= 33°C

Введение же микроволнового воздействия на объект исследования при t=34°C вызывает почти линейную зависимость корреляционной размерности d в течение семиминутного интервала времени облучения (рис. 5). В результате действия электромагнитного излучения происходит незначительное увеличение мощности альфа-ритмов (рис. 7).

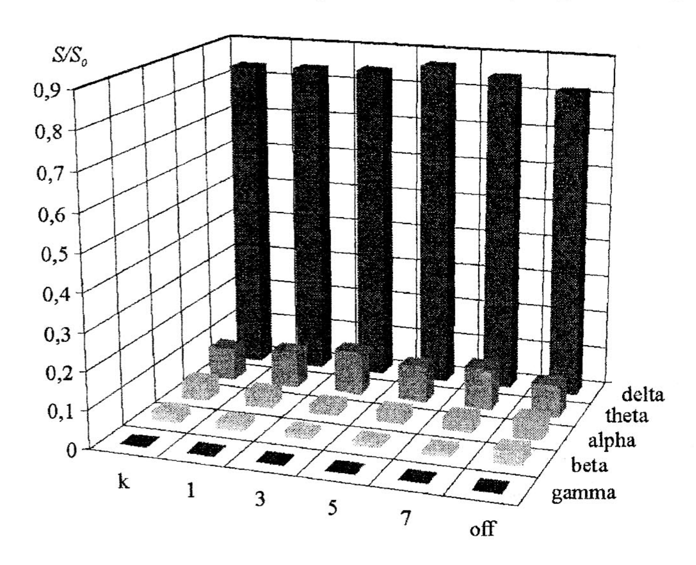


Рис.7. Гистограмма распределений спектральной плотности мощности S/S_o, отн.ед. в диапазонах ритмических составляющих электрокортикограм-мы при микроволновом облучении (f=42,2 ГГц, f_m=1 Гц, ППМ =150 мкВт/см², Q =30) и температуре t = 34°С

Облучение животного (t=37°C) излучением миллиметрового диапазона в течение семи минут приводит к снижению корреляционной размерности со значения d=2,5427 до d=2,5246. Указанный параметр стремится к восстановлению (d=2,5387) в результате действия данного фактора, однако наблюдается некоторое увеличение мощности дельта-ритмов (рис. 8).

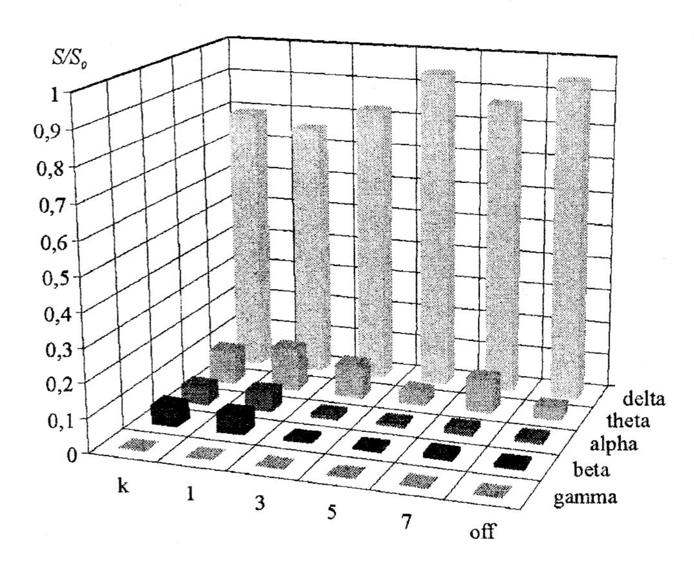


Рис.8. Гистограмма распределений спектральной плотности мощности S/S_o, отн.ед. в диапазонах ритмических составляющих электрокортикограм-мы при микроволновом облучении (f = 42.2 ГГц, f_m= 1 Гц, ППМ =150 мкВт/см², Q = 30) и температуре t = 37°С

При возрастании температуры (t=38°C) и действии микроволнового излучения биоэлектрическая активность мозга стремится к стабилизации на третьей минуте облучения (минимальное значение корреляционной размерности d , рис. 5), что коррелирует со снижением мощности тета-, альфа-, бета-ритмов, (рис. 9).

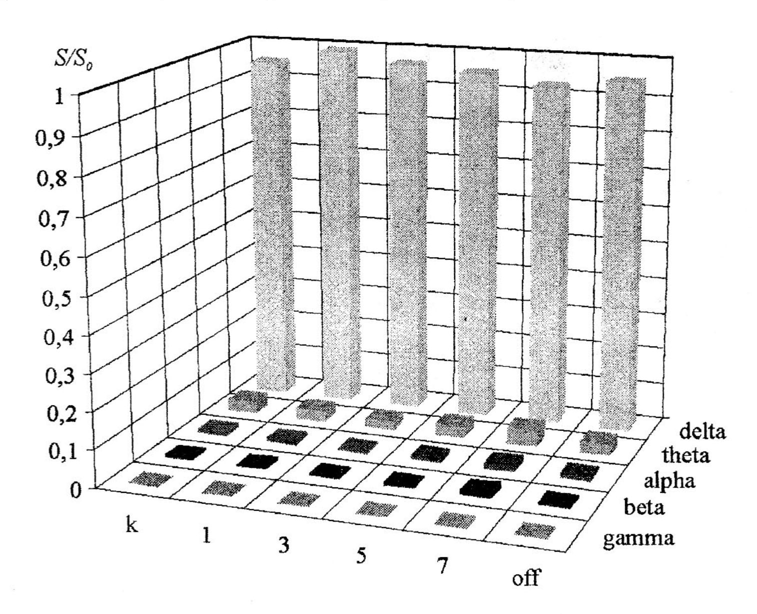


Рис.9. Гистограмма распределений спектральной плотности мощности S/S_o, отн. ед. в диапазонах ритмических составляющих электрокортикограм-мы при микроволновом облучении (f =42,2 ГГц, f_m=1 Гц, ППМ=150 мкВт/см^2, Q=30) и температуре t=38°C

При дальнейшем действии микроволнового излучения наблюдается усиление отмеченных ритмов. В результате же семиминутного воздействия электромагнитного излучения практически восстанавливается распределение спектра ритмических составляющих (рис. 9).

Действие микроволнового излучения миллиметрового диапазона приводит к модификации влияния температурных воздействий на биоэлектрическую активность мозга животных. Это подтверждается количественным параметром – корреляционной размерностью электрокортикограмм, отражающим динамику биоэлектрических процессов в мозге.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований влияния внешних факторов, включая фармакологические препараты и температурные воздействия, на биоэлектрическую активность мозга на основе количественных и качественных параметров определены закономерности этих воздействий и проанализированы особенности модификации функционального состояния центральной нервной системы микроволновым излучением миллиметрового диапазона.

Комбинированное действие микроволнового излучения и аминазина вызывает эпилептиформную активность, что подтверждается изменением параметра корреляционной размерности электрокортикограммы в процессе функциональных перестроек биоэлектрических процессов. Микроволновое излучение при этом вызывает смещение начала указанных перестроек в сторону ускорения.

Температурные же воздействия приводят к изменению электрокортикограмм, отклонения в которых носят противоположный характер относительно изменений, вызванных комбинированным действием излучений миллиметрового диапазона и температуры. Возможно, при таких воздействиях усиливается роль одной из основных регулирующих систем организма – системы терморегуляции, принимающей непосредственное участие в процессе обработки информации при опосредованном воздействии факторов окружающей среды на сложные биологические системы, включая человека.

Литература

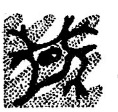
1. ***Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н.*** Реакции нервной системы на электромагнитные поля – М., 1992.
2. ***Сидоренко А.В.*** Методы информационного анализа биоэлектрических сигналов - Мн.: Белгосуниверситет, 2003, 189 с.
3. ***Гурин В.Н., Сидоренко А.В., Царюк В.В.*** Влияние микроволнового облучения на биоэлектрическую активность мозга у бодрствующих и наркотизированных крыс – Доклады НАН Беларуси, 1999, т. 43, № 5, с.73–76.
4. ***Сидоренко А.В., Царюк В.В., Гурин В.Н.*** Изменения биоэлектрической активности мозга у крыс в условиях действия микроволн – Доклады НАН Беларуси, 2002, т. 46, №6, с.66-68.
5. ***Сидоренко А.В., Царюк В.В.*** Сравнительная оценка биопотенциалов мозга наркотизированных крыс при действии миллиметрового излучения и стрихнина – Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2000, № 9, с.259-261.
6. ***Машковский М.Д.*** Лекарственные средства – Пособие по фармакологии для врачей. В 2 частях. Мн.: Беларусь, 1987.
7. ***Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.*** Методика и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. Под ред. А. С. Батуева – М.: 1991.
8. Измерительно-вычислительный комплекс для оценки динамики функционального состояния центральной нервной системы / А. В. Сидоренко, В. В. Царюк, А. А. Шадинцев, И. П. Стецко // Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, № 2, с.66-71.
9. ***Grassberger P., Procaccia I.*** Characterization of Strange Attractors – Phys. Rev. Let., 1983, V.50, № 5, P.346-349.
10. ***Рокицкий П.Ф.*** Биологическая статистика – Мн.: 1992.
11. ***Prichard D.*** Generating Surrogate Data for Time Series with Several Simultaneously Measured Variables – Phys. Rev. Let, 1994, V.73, № 7, P.951-954.

Rat's bioelectric activity under EHF exposure and other external factors

A.V. Sidorenko, N.A. Solonovich

The different external factors impact on brain bioelectric activity has been demonstrated in the paper. That factors regularity has been defined on the base of quantitative and qualitative parameters and the peculiarities of functional state of central nervous system under EHF-exposure have been analysed.

Функциональная активность Ca^{2+}-зависимых K^{+}-каналов эритроцитов в различные сроки после многократного облучения организма низкоинтенсивными электромагнитными волнами ММ-диапазона



Григорян Д.С., Малакян М.Г., Баджинян С.А.

Сектор радиационной медицины и ожогов Центра травматологии, ортопедии, ожогов и радиологии МЗ Армении, г.Ереван

Показано, что после многократного облучения белых беспородных крыс электромагнитными волнами ММ-диапазона активность Ca^{2+}-зависимых K^{+}-каналов мембран эритроцитов, определенная на 1, 15, 30 и 40 сутки после курса воздействия, существенно изменялась по сравнению с нормой. При этом динамика наблюдаемых изменений в случае облучения животных некогерентными ММ-волнами имела волнообразный характер, тогда как при воздействии ММ-волнами когерентного происхождения наблюдалось постепенное затухание активности Ca^{2+}-зависимых K^{+}-каналов с максимальной выраженностью эффекта на 40-е сутки. Предполагается, что эти изменения связаны с долгосрочным нарушением ионного гомеостаза Ca^{2+} в плазме крови и эритроцитах под воздействием электромагнитных волн ММ-диапазона.

Многочисленные как экспериментальные, так и эпидемиологические исследования в области изучения эффектов воздействия неионизирующих электромагнитных волн (ЭМВ) на биологические объекты дают основание определить факт всевозрастающей экспозиции живых организмов электромагнитным полям крайне низкой интенсивности как одну из причин нарушения функциональной деятельности клеток и организмов, стимулирующих развитие многих тяжелых заболеваний у человека [1-3].

Однако в условиях электромагнитного загрязнения биосферы существует особый диапазон частот и мощностей электромагнитных колебаний, в котором ЭМВ «используются» самой природой в качестве глубинной основы регуляции процессов жизнедеятельности на молекулярно-полевом уровне. Такими «особенными» ЭМВ являются волны миллиметрового (ММ) диапазона малого уровня мощности. Особенность ММ-волн заключается в том, что их активное биологическое воздействие на живые организмы проявляется при крайне низком, нетепловом уровне мощности. При этом наблюдаются необычные закономерности: существование острых максимумов физиологического отклика при изменениях частоты колебаний, напоминающих резонансные эффекты.

В настоящее время установлено наличие общих проявлений клеточного реагирования на действие различных факторов, влияющих на организм. Это обусловлено существованием единой физико-химической системы регуляции клеточного метаболизма, однотипностью изменений показателей структурно-функционального состояния мембран [4]. Предполагается, что большинство эффектов низкоинтенсивного электромагнитного излучения не прямо индуцировано облучением, а опосредовано через данную систему

регуляции, включающую, в числе других, изменение иммунного и антиоксидантного статуса организма [5], связанное с инициацией миллиметровыми волнами акустоэлектрических автоколебаний клеточных структур [6-8], объединенных в систему «водная компонента биосреды - резонансные ЭМВ ММ-диапазона» [9-10].

Несмотря на большое количество научных публикаций, посвященных изучению биологических эффектов и механизмов действия электромагнитных волн низкой интенсивности, исследование постлучевых эффектов их воздействия на организмы остается актуальной проблемой.

В настоящей работе представлены результаты исследования активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов в мембранах эритроцитов белых беспородных крыс, подвергшихся многократному тотальному облучению низкоинтенсивными некогерентными и когерентными ЭМВ ММ-диапазона. Источниками излучения служили аппараты «Арцах-2Ш», генерирующий некогерентные ЭМВ в диапазоне длин волн 4-6 мм, имеющий выходную мощность излучения 2 х 10^{-5} мВт и полосу рабочих частот 53.5-68.0 ГГц, и «Явь-1», излучающий когерентные ЭМВ длиной волны 5,5 мм и мощностью излучения 5 х 10^{-2} мВ/$см^2$. Животные облучались ежедневно по 30 минут в течение 5 дней. Расстояние между волноводом и животным составляло 50 см.

Измерения проводились на 1, 15, 30 и 40 сутки после прекращения сеансов воздействия. Декапитацией животных под легким эфирным наркозом получали пробы крови для проведения анализов. В качестве антикоагулянта использовали гепарин. Для исследования активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитов предварительно получали эритроцитарную массу, дважды отмывая эритроциты изотоническим трис-HC1-буфером (pH 7.4) посредством последовательного центрифугирования суспензии при 3000 об/мин, аспирации надосадочной жидкости и ресуспензирования в изотоническом растворе.

Раствор, в котором проводили измерения, содержал 2.6 мл 0.9% NaCl и 30 мкл $CaCl_2$, куда вводили 0.1 мл эритроцитарной массы. В условиях непрерывного перемешивания проводили регистрацию концентрации K^+ в среде с помощью K^+-селективного электрода («СЕМИКО», Новосибирск). Для определения активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитов в среду вводили 0.3 мл 0.1% пропранолола /ISIS PHARMA, Germany/, который в присутствии ионов кальция в среде специфически активирует эти каналы, вызывая значительный отток K^+ из клеток именно через эти каналы [11]. После добавления пропранолола концентрацию K^+ продолжали регистрировать в течение 5 минут. О функциональной активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитов судили по проницаемости мембран относительно ионов K^+ (P_{K+}), которую определяли на основе вычисления скорости выхода ионов калия в инкубационную среду, выраженную в единицах х 10^{-9} см/сек.

Статистическую обработку полученных результатов проводили на основе вычисления среднего арифметического значения и стандартной ошибки. Данные считались достоверными при $p<0,05$.

Действуя как универсальный вторичный мессенджер, ионы Ca^{2+} участвуют во многих процессах жизнедеятельности клетки, в том числе в процессах клеточной дифференциации [12] и пролиферации [13], в регуляции клеточного объема [14] и гибели клетки путем апоптоза [15]. Установлено, что на внутренней стороне цитоплазматической мембраны клетки находят-

ся Ca^{2+}-активируемые участки, активация которых приводит к выходу ионов K^+ из клетки через Ca^{2+}-зависимые K^+-каналы [16]. Эти каналы распространены в клетках и возбудимых, и невозбудимых тканей, но более всего выражены в клетках гематопоэтической системы и в органах, участвующих в транспорте солей и жидкости, например, в кишечнике, легких и слюнных железах [17-19].

Эти каналы имеются также в эритроцитах. Красные клетки крови имеют высокую, но в норме скрытную пассивную проводимость относительно ионов K^+, опосредуемую через Ca^{2+}-зависимые K^+-каналы, описанные впервые Гардосом [20, 21]. Установлено, что нарушение функционального состояния этих каналов имеет ключевое значение в развитии некоторых патологических состояний организма [22, 23]. В настоящее время проводятся интенсивные исследования в плане изучения физиологической функции, биофизических характеристик, молекулярной биологии и роли Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов клеток различных тканей, в том числе, эритроцитов, как возможных молекулярных мишеней для фармакологического вмешательства при различных заболеваниях [24, 25].

При введении пропранола в инкубационную среду, содержащую ионы Ca^{2+}, вероятно, вследствие формирования в мембранах эритроцитов, помимо имеющихся, дополнительных Ca^{2+}-проницаемых каналов [26], а также стимуляции высвобождения в цитозоль Ca^{2+}, связанного с цитоскелетоном эритроцитов [27], в клетке увеличивается концентрация свободных ионов кальция. В результате активируются Ca^{2+}-зависимые K^+-каналы, через которые происходит усиленная утечка K^+ из клетки во внешнюю среду.

Как показали результаты настоящего исследования, после многократного облучения животных ММ-волнами активность Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов мембран эритроцитов существенно отличалась от нормы, причем динамика изменения функционального состояния этих каналов в случае облучения животных некогерентными ЭМВ была совершенно иная по сравнению с тем, что наблюдалось в эритроцитах животных, облученных когерентным ММ-волнами. Однако и в первом, и во втором случае изменения наблюдались как в ранние, так и поздние сроки после экспозиции (рис. 1).

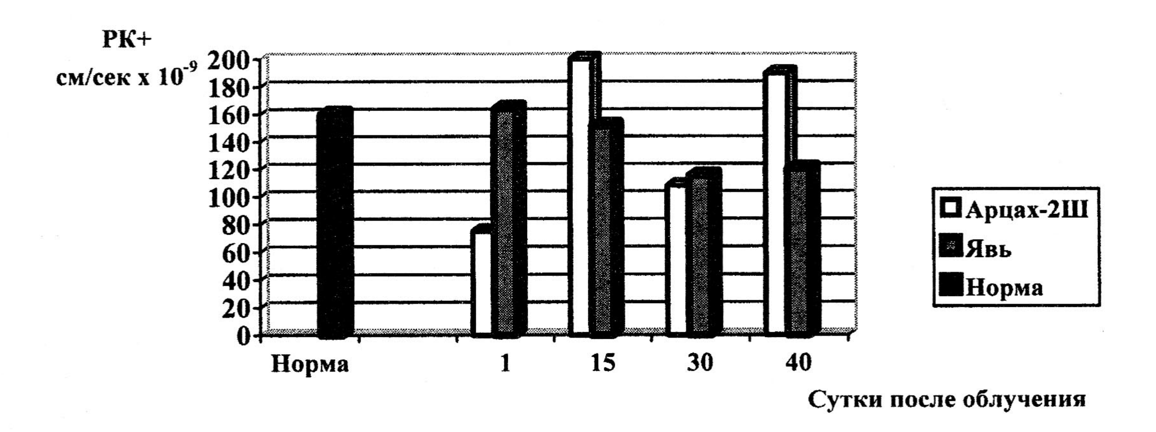


Рис. 1. Динамика изменения функциональной активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитарных мембран в различные сроки наблюдения

Так, уже в 1-е сутки проведения анализов было установлено, что в эритроцитах животных, облученных некогерентными ЭМВ ММ-диапазона, после добавления пропранолола в инкубационную среду выход ионов K^+ из клеток был значительно более пассивным по сравнению с нормой. Причем запись на самописце показывала интересную картину: кратковременный незначительный всплеск активности каналов сразу же после введения пропранолола в среду с последующей остановкой нарастания концентрации. Это позволяет предположить, что исследуемые каналы к моменту регистрации, по-видимому, уже были каким-то образом активированы, и добавление пропранолола не приводило к дополнительной активации вследствие фактического истощения клетки ионами K^+.

На 15-е сутки после проведения курса облучения животных некогерентными ЭМВ ММ-диапазона в сравнении с нормой наблюдался повышенный уровень активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов. Однако на 30-е сутки повторно был зарегистрирован значительно более низкий уровень активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов мембран эритроцитов, а на 40-е сутки – высокий по сравнению с нормой уровень активности этих каналов. То есть, у животных, подвергнутых курсу многократного облучения низкоинтенсивными некогерентными ММ-волнами, выявлено волнообразное изменение функциональной активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов как в ранние, так и более поздние сроки после воздействия.

После курса облучения животных когерентными ЭМВ ММ-диапазона также было обнаружено изменение функционального состояния Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитарных мембран, более выраженное в поздние сроки наблюдения. Так, если на 1-е и 15-е сутки после окончания экспозиции сдвиги в активности изучаемых каналов были незначительны и статистически не достоверны, то на 30-е и 40-е сутки проницаемость каналов была намного более низкой по сравнению с нормой.

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о долгосрочных постэффектах, обнаруживаемых в красных кровяных клетках животных в различные сроки после многократного облучения организма низкоинтенсивными некогерентными (шумовыми) и когерентными ЭМВ ММ-диапазона. Можно предположить, что наблюдаемые существенные изменения в активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов эритроцитарных мембран обусловлены, возможно, формированием определенных сдвигов в процессах клеточного метаболизма, а также в комплексной системе реагирования организма на действие ММ-волн низкой интенсивности, которые способны привести к нарушению функциональной активности изучаемых каналов. Вполне возможно, что эти изменения связаны с нарушением ионного гомеостаза Ca^{2+} в плазме крови и эритроцитах.

Литература

1. ***C.A. Bassett*** Beneficial effects of electromagnetic fields – J. Cell. Biochem., 1993, 51, pp. 387–93.
2. ***J. Swanson, D.C. Renew*** Power frequency fields and people – Engin. Sci. Educ. J., 1994, pp. 71–80.
3. ***Grigoriev Ju.G., Shafirkin A.V., Vasin A.L.*** Radio frequency electromagnetic field (rf emf) standardization for the Russian population. Retrospective research and the modern viewpoint – Report on The Third International Conference "Electromagnetic Fields

and Human Health. Fundamental and Applied Research, Moscow-Saint Petersburg, Russia, September, 17-24, 2002.

4. ***Шишкина А.Н., Смотряева М.А.*** Связь повреждения мембраны и ДНК с процессом перекисного окисления липидов при слабых воздействиях – Биофизика, 2000, т. 45, вып. 5, с. 844-852.
5. ***Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Горбунова Н.В. и др.*** Особенности биологического действия малых доз облучения – Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье человека, М., 1996, с. 149-182.
6. ***Бецкий О.В., Путвинский А.В.*** Биологические эффекты миллиметрового излучения низкой интенсивности – Изв. вузов МВ и ССО, СССР Радиоэлектроника, 1986, т. 29, № 4, с. 130-135.
7. ***Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н.*** Некоторые новые представления о причинах формирования стимулирующих эффектов КВЧ-излучения – Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, № 1, с.23-34.
8. ***Девятков Н.Д., Плетнев С.Д., Бецкий О.В., Файкин В.В.*** Воздействие низкоинтенсивного импульсивного СВЧ излучения наносекундной длительности с большой пиковой мощностью различной длины волны на ионный транспорт, проницаемость клеточных мембран, процессы агрегации клеток и развития злокачественных образований – Материалы 12 Российского симпозиума «Миллиметровые волны в медицине и биологии», М.: 2000, с.84-87.
9. ***Петросян В.И., Житенева Э.А., Гуляев Ю.В., Девятков Н.Д., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Физика взаимодействия миллиметровых волн с объектами различной природы – Биомедицинская радиоэлектроника. Радиотехника, 1996, № 9, с. 20-31.
10. ***Синицын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В.*** Особая роль системы «ММ-волны – водная среда» в природе - Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, № 1, С. 4-27.
11. ***A. Muller-Soyano, B.E. Glader*** Cation specificity of propranolol-induced changes in RBC membrane permeability: comparative effects in human, dog and cat erythrocytes – J.Cell Physiol, May 1, 1977, 91(2), pp. 317-21.
12. ***L.A. Pardo*** Voltage-Gated Potassium Channels in Cell Proliferation – Physiology, 2004, Vol. 19, №o. 5, pp. 285-292;
13. ***R. Tonini, M.D. Baroni, E. Masala, M. Micheletti, A. Ferroni, M. Mazzanti*** Calcium Protects Differentiating Neuroblastoma Cells during 50 Hz Electromagnetic Radiation – B iophys J, 2001, Vol. 81, №o. 5, pp. 2580-2589.
14. ***J. Altamirano, M.S. Brodwick, F.J. Alvarez-Leefmans*** Regulatory Volume Decrease and Intracellular Ca2+ in Murine Neuroblastoma Cells Studied with Fluorescent Probes – J. Gen. Physiol., 1998, 112, pp. 145 – 160.
15. ***Ph.A. Lang, S. Kaiser, S. Myssina, T. Wieder, F. Lang, S.M. Huber*** Role of Ca^{2+}-activated K^{+} channels in human erythrocyte apoptosis – Am J Physiol Cell Physiol, 2003, 285, C1553-C1560.
16. ***R.M. Blum, J.F. Hoffman*** Ca-induced K transport in human red cells: localization of the Ca-sensitive site to the inside of the membrane – Biochem Biophys Res Comm, 1972, 46, pp. 1146-1152.
17. ***W.J. Joiner, L. Wang, M.D. Tang, L.K. Kaczmarek*** hSK4, a member of a novel subfamily of calcium-activated potassium channels – Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 1997, 94, pp.11013–11018.
18. ***T.M. Ishii, C. Silvia, B. Hirschberg, C.T. Bond, J.P. Adelman, J. Maylie*** A human intermediate conductance calcium-activated potassium channel – Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 1997, 94, pp. 11651–11656.
19. ***N. J. Logsdon, J. Kang, J.A. Togo, E.P. Christian, J. Aiyar*** A Novel Gene, hKCa4, Encodes the Calcium-activated Potassium Channel in Human T Lymphocytes – J. Biol. Chem., 1997, 272, pp. 32723–32726.
20. ***G. Gardos*** Th e f unction of calcium in the potassium permeability of human erythrocytes – Biochim Biophys Acta, 1958, 30, pp. 653-654.
21. ***W. Schwarz, H. Passow*** (1983) Ca2+-activated K+ channels in erythrocytes and excitable cells. Ann Rev Physiol 45, pp. 359-374.
22. ***Char-Chang Shich, M. Coghlan, J. Sillivan, M. Gopalakrishnan*** Potassium Chanels: Molecular Defects, Deseases, and Therapeutic Opportunities – Pharmacological Reviews, 2000, Vol.52, Issue 4, pp. 557-594.
23. ***C.H. Joiner, M. Jiang, W.J. Claussen, N.J. Roszell, Z. Yasin, R.S. Franco*** Dipyridamole inhibits sickling-induced cation fluxes in sickle red blood cells – Blood, 15 June 2001, Vol. 97, No. 12, pp. 3976-3983.
24. ***T. Begenisich, T. Nakamoto, C.E. Ovitt, K. Nehrke, C. Brugnara, S.L. Alper, J.E. Melvin*** Physiological Roles of the Intermediate Conductance, Ca^{2}+-activated Potassium Channel Kcnn4 – J. Biol. Chem., 2004, Vol. 279, Issue 46, pp. 47681-47687.
25. ***B.S. Jensen, D. Strobaek, S.P. Olesen, P. Christophersen*** The Ca2+-activated K+ channel of intermediate conductance: a mo-

lecular target for novel treatments? - Curr Drug Targets, December 1, 2001, 2(4), pp. 401-422.
26. ***I.A. Skulskii, V. Manninen*** Interaction between propranolol and electron donors in altering the calcium ion-dependent potassium ion-permeability of the human red blood cell membrane – Acta Physiol Scand., 1984, 120(3), pp. 329-332.
27. ***J.S. Wiley, K.E. McCulloch*** Calcium ions, drug action and the red cell membrane – Pharmacol Ther., 1982, 18(2), pp. 271-292.

The functional activity of erythrocyte Ca $^{2(+)}$-activated K^+ channels in different periods of post multiple low intensity EHF exposure.

Grigoryan D.S., Malakyan M.H., Bajinyan S.A.

The experiments were hold with white inbred rats. The functional activity of erythrocytes membranes $Ca^{2(+)}$-activated K^+ channels was changed significantly in 1, 15, 30 and 40 days after low intensity EHF course in compare with control. In the case of incoherent EHF exposure the dynamics of changes observed has undulating character, in case of coherent EHF exposure the gradually attenuation of $Ca^{2(+)}$-activated K^+ channels activity was observed and the maximal effect was expressed on the 40 day. It was supposed that these changes were connected with the long-term disturbances of $Ca^{2(+)}$ homeostasis in blood plasma and erythrocytes under EHF exposure.

Компьютерный анализ в ТРФ-топографии для ди фференциации и локализации очагов патологии в маммологии и пульмонологии



*Терехов И.В., **Петросян В.И., *Никитина Е.Б., ***Плохов В.Н., *Громов М.С., ***Кошкин А.В., **Дубовицкий С.А., **Власкин С.В., **Благодаров А.В., **Мельников А.Н.

*Саратовский Военно-медицинский институт, г. Саратов
** Компания «Проект «Новые технологии» (P.N.T.)», г. Саратов
***Дорожная клиническая больница Приволжской железной дороги

Разработан метод компьютерной обработки диагностических данных в принципиально новом ненагрузочном резонансно-волновом методе диагностики - ТРФ топографии. В качестве формализованных критериев диагностики используются канонические линейные дискриминантные функции и линейные классификационные функции для установления характера патологии и локализации патологического процесса по данным ТРФ топографии. Обоснована возможность дифференциации новообразований в маммологии – рак, доброкачественные новообразования, состояния после химио- и лучевой терапии. Показана возможность определения локализации очага патологии в пульмонологии. Продемонстрировано, что ТРФ топография позволяет оперативно отслеживать динамику клиники лечения и благодаря чувствительности к метаболическим процессам представляет возможность более обоснованно принимать решения как в объективной оценке разрешения патологического процесса и адекватности проводимого лечения, так и в прогнозе возможных осложнений заболевания.

Радиофизические основы ТРФ-топографии. Для своевременного выявления заболеваний и построения рациональной тактики лечения требуется активное привлечение в клинику новых, высоко информативных методов исследований, базирующихся на последних достижениях науки и позволяющих вывести диагностику заболеваний на качественно новый уровень.

Одним из таких методов, базирующихся на современных открытиях в области радиоволновых технологий, является разработанный метод *Трансрезонансной функциональной топографии* (ТРФ-топографии) [1]. В основе этого принципиально нового диагностико-терапевтического метода лежит явление резонансно-волнового состояния молекулярной системы живого организма [2-7].

Обнаруженное в 90-е годы резонансно-волновое состояние заключается в синхронном колебательном движении молекулярных фрагментов водной компоненты, составляющей 70...80% массы организма, и генерации ими сверхслабых радиоволн на строго определенных, резонансных частотах миллиметрового (ММ) и дециметрового (ДМ) диапазонов длин волн. Для биотканей в норме это, например, радиоизлучения в полосах частотой вблизи 50–52 ГГц, 65 ГГц. 100 ГГц, 130 ГГц, 150 ГГц, 1 ГГц и др., которым соответствуют длины волн ~6 мм, 4,6 мм, 3 мм, 2,3 мм, 2 мм и 3 дм (имеются и другие резонансные длины волн). Мощность резонансного радиоизлучения чрезвычайно мала и находится на уровне ~ 10^{-17}-10^{-15} Вт/см^2. Это собственные, естественные волны здорового организма.

Резонансные радиоволны являются продуктом жизнедеятельности и обусловлены активностью метаболических процессов [8, 9, 10]. Наполняя все органы и системы, они выполняют внутреннюю информационно-корректирующую функцию в физиологическом состоянии организма. С прекращением жизни резонансные волны затухают, и остаются лишь тепловые (хаотические) фоновые колебания [11, 12]. Очевидно, что в резонансно-волновых процессах реализуется биофизический механизм гомеостаза.

Метод ТРФ топографии. Разработаны два способа диагностики: амплитудно-резонансный и спектрально-резонансный. Причем, в обоих вариантах обследование ведется по классическим анатомо-топографическим областям, чем и объясняется название метода - топография, а аппарата - топограф. В данном сообщении используется амплитудно-резонансный способ.

Амплитудно-резонансный способ заключается в снятии приемной антенной с заданной топографической области уровня радиосигнала на резонансной частоте 1 ГГц (длина волны λ = 30 см), стимулированного зондирующим резонансным радиоизлучением на естественной для организма частоте 65 ГГц (длина волны λ = 4,6 мм). Возможно использование и других резонансных частот. В качестве физиологически значимого параметра используется отклонение интенсивности принимаемого радиосигнала от коридора нормы, определяемого метрологически и по контрольной группе. Метод реализован в программно-аппаратном комплексе – ТРФ-топографе.

Впервые в диагностике патологических состояний человека в качестве диагностической информации используются параметры резонансно-волнового состояния биоткани, а именно, амплитуда принимаемых резонансных волн (радиоотклика) в диапазоне 1 ГГц при зондировании исследуемой области радиоволнами на частоте 65 ГГц (ТР-показатель). Обосновано, что **данный показатель отражает интенсивность происходящих процессов клеточного метаболизма в обследуемой топографической области.** Это существенное отличие от применяемых в настоящее время методов инструментальной диагностики, где используется информация о состоянии «вещественной» компоненты биосреды – морфологический подход. Для данного метода диагностики характерна изначальная безвредность в связи с низкоинтенсивным воздействием естественными для организма радиоволнами КВЧ- и СВЧ-диапазонов. По своей сути метод является представителем нового направления в медицине – информационно-волновой медицины.

В процессе первичной клинической апробации метода в клиниках Саратовского государственного медицинского университета и Саратовского Военно-медицинского института были получены результаты, свидетельствующие о чувствительности метода к воспалительным, дистрофическим и неопластическим процессам в организме человека.

Цели и задачи исследования

Дальнейшее изучение диагностических возможностей метода было направлено на разработку компьютерных методов обработки данных для дифференциации новообразований молочной железы, локализации и распространенности воспалительных изменений у пациентов с острой пневмонией.

Обследование пациентов проводилось в положении сидя. В соответствии со схемой регистрации сигнала датчик устанавливался на выбранную область и в течение 5 секунд регистрировался уровень радиосигнала в каждой области.

Для обработки принимаемого радиосигнала использовались статисти-

ческие методы, реализованные в пакете Statistika [13]. Оценивалось арифметическое среднее, ошибка среднего, среднеквадратичное отклонение, 95% доверительный интервал средних значений в изучаемых группах. Различие средних в группах оценивалось с помощью однофакторного дисперсионного анализа. С целью получения формализованных критериев диагностики (решающих правил) применялись методы математического моделирования (логистическая регрессия и дискриминантный анализ).

Целью первого направления исследований являлось показать возможность первичной и дифференциальной диагностики новообразований молочных желез. При этом в задачу входило получение надежных решающих диагностических правил.

Исследование проводилось пациенткам, добровольно согласившимся на него, параллельно с выполнением плановых диагностических процедур.

Результаты регистрации ТР-показателя разделены на четыре группы: доброкачественные новообразования, злокачественные новообразования, злокачественные новообразования после химио- и лучевой терапии (врачебное вмешательство), контроль.

Всего исследование проведено 110 пациенткам. Результаты обследования заносились в электронную таблицу в виде строк и столбцов, строки состояли из случаев, т.е. результатов обследования по 16 точкам (по квадрантам и лимфоузлам каждой груди). Для различения пациентов по нозологии и локализации патологического процесса использовались группирующие переменные.

Результаты исследования

Характеристика уровня ТР показателя в группах. В таблице 1 представлены характеристики ТР-показателя, полученного с зон обследования молочной железы с диагностированным патологическим процессом. Как видно, в уровнях ТР-показателя с соответствующих зон молочной железы, охваченных разными патологическими процессами, включая состояния после химиолучевого лечения, обнаруживаются существенные различия, что представляется вполне закономерным в свете представлений о физиологическом происхождении резонансного отклика (ТР-показателя).

Таблица 1

Характеристика уровня ТР-показателя в группах

Кол-во обследуемых	Локализация	x	±σ	±m	95% доверительный интервал средних
20	Контроль	105,5	5,2	1,16	95-112
25	Доброкачественные новообразования	85	6,5	1,3	82-88
30	Злокачественные новообразования	122,5	7,3	1,4	118,5-126,5
17	Злокачественные новообразования после лечения	118,5	10,3	2,5	113,5-123,5
8	Непальпируемые опухоли	122	6,7	3	116-128

x - среднее арифметическое; ±σ - среднеквадратичное отклонение; ±m - ошибка среднего, коридор нормы ТР-показателя 95-115 единиц

Так как в нашем исследовании регистрация ТР-показателя с поверхности молочной железы производилась с 16 точек по схеме, учитывающей анатомическое строение железы и пути регионарного лимфооттока. Матрица наблюдений представляла собой 16-мерное пространство, сложное для визуализации и выявления закономерности распределения уровня изучаемого показателя по проекции органа. Для решения проблемы визуализации полученных данных и понижения размерности обрабатываемого массива наблюдений были применены процедуры дискриминантного анализа, реализованные в ПП "Statistika". Дискриминантный анализ, предназначенный для решения задач классификации и распознавания образов, основан на линеаризации переменных, связывая их линейной регрессией [12].

При решении задачи классификации происходит минимизация внутригрупповой и максимизации межгрупповой дисперсии подбором коэффициентов в линейной регрессионной формуле. В качестве классифицирующих правил используются коэффициенты, рассчитанные в процессе решения системы линейных уравнений для каждой группы:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= \sum_i K_i^{*} x_i + b_1 \\ y_1 &= \sum_i K_i^{**} x_i + b_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ y_1 &= \sum_i K_i^{***} x_i + b_3 \end{aligned}\right\} \mathrm{I} \qquad \left.\begin{aligned} y_2 &= \sum_i K_i^{*} x_i + b_1 \\ y_2 &= \sum_i K_i^{**} x_i + b_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ y_2 &= \sum_i K_i^{***} x_i + b_3 \end{aligned}\right\} \mathrm{II} \qquad \left.\begin{aligned} y_3 &= \sum_i K_i^{*} x_i + b_1 \\ y_3 &= \sum_i K_i^{**} x_i + b_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ y_3 &= \sum_i K_i^{***} x_i + b_3 \end{aligned}\right\} \mathrm{III}$$

В данных формулах y – группировочная переменная классифицируемой группы (принимает целые неотрицательные значения), x_i - i-ый регистрируемый показатель. Коэффициенты K и b оцениваются в процессе решения системы. Нами были использованы следующие значения параметра y: для контроля y=1, для рака y=2, для доброкачественных новообразований y=3, для новообразований после вмешательства y=4.

Предварительно с целью решения вопроса применимости линейных методов моделирования проверялась гипотеза о нормальности распределения результатов исследования. Для проверки нормальности распределения использовался предложенный в ГОСТ 8.307-76 составной критерий (для числа наблюдений в группе n<50). На уровне значимости 0,2 результаты наблюдения можно считать нормально распределенными.

Для визуализации полученных данных в процессе исследования была использована процедура канонического анализа с получением канонических линейных дискриминантных функций (КЛДФ), образующих координатную плоскость, на которой нанесены координаты наблюдений. Так решается проблема понижения размерности (до двух) и облегчается работа по интерпретации полученных данных. На рис. 1 приводится результат анализа полученных наблюдений, где в качестве группирующей переменной выступает нозологическая единица.

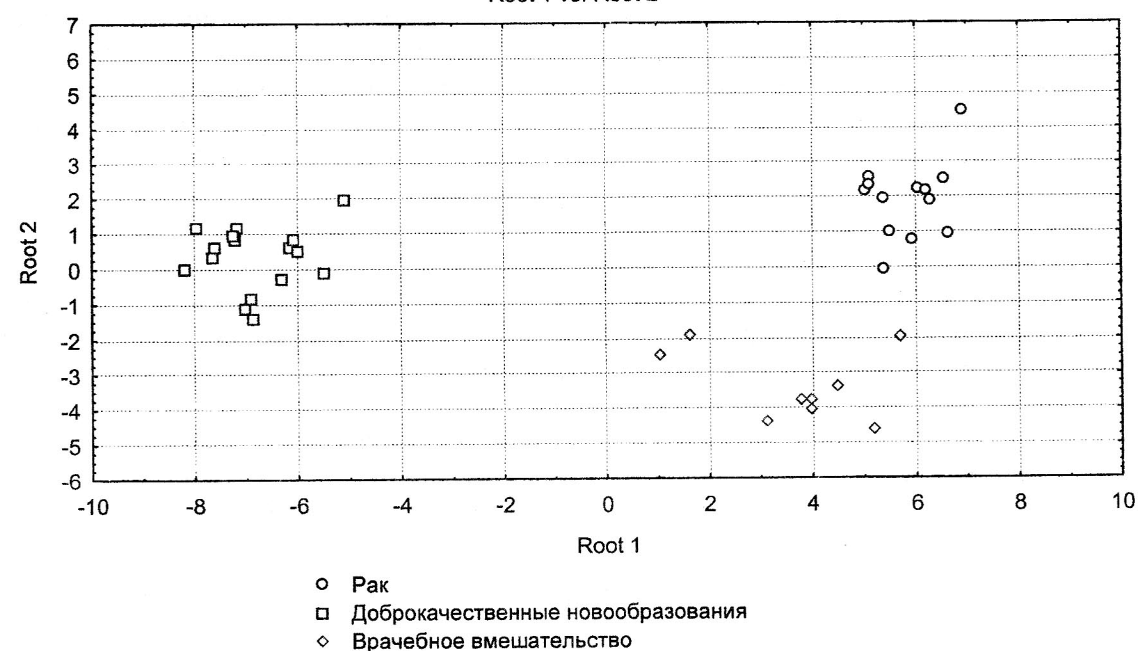


Рис.1 Положение объектов трех групп в координатах первой и второй КЛДФ

Представлены три группы наблюдений: доброкачественные новообразования (красные прямоугольники в левой зоне), злокачественные новообразования (синие ромбы в верхней правой зоне), злокачественные новообразования после неинвазивного лечения - химиолучевая терапия (зеленые ромбы в правой нижней зоне).

Видно, что первые две группы представляют собой относительно однородные группы с «компактным расположением» наблюдений вокруг соответствующих центроидов (с минимальной дистанцией), тогда как третья группа после химиолучевой терапии (врачебное вмешательство) характеризуется значительными разбросами наблюдений относительно соответствующего центроида (внутригрупповая дисперсия приближается к межгрупповой). Полученное распределение наблюдений по координатной плоскости может свидетельствовать о разной эффективности терапии.

Оценка корректности и информативности такого разделения проводится по значению статистики хи-квадрат. Ее значения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка информативности процедуры канонического анализа

№ КЛДФ	Канонический коэффициент корреляции	Wilks' λ	X^2	Ст. своб.	Уровень значимости
1	0,986885	0,004888	103,7590	64	0,001228
2	0,901343	0,187581	32,6341	31	0,038650

Ниже показано положение объектов трех основных изучаемых групп (контроль, доброкачественные новообразования и злокачественные новообразования) в координатах первой и второй КЛДФ (рис. 2).

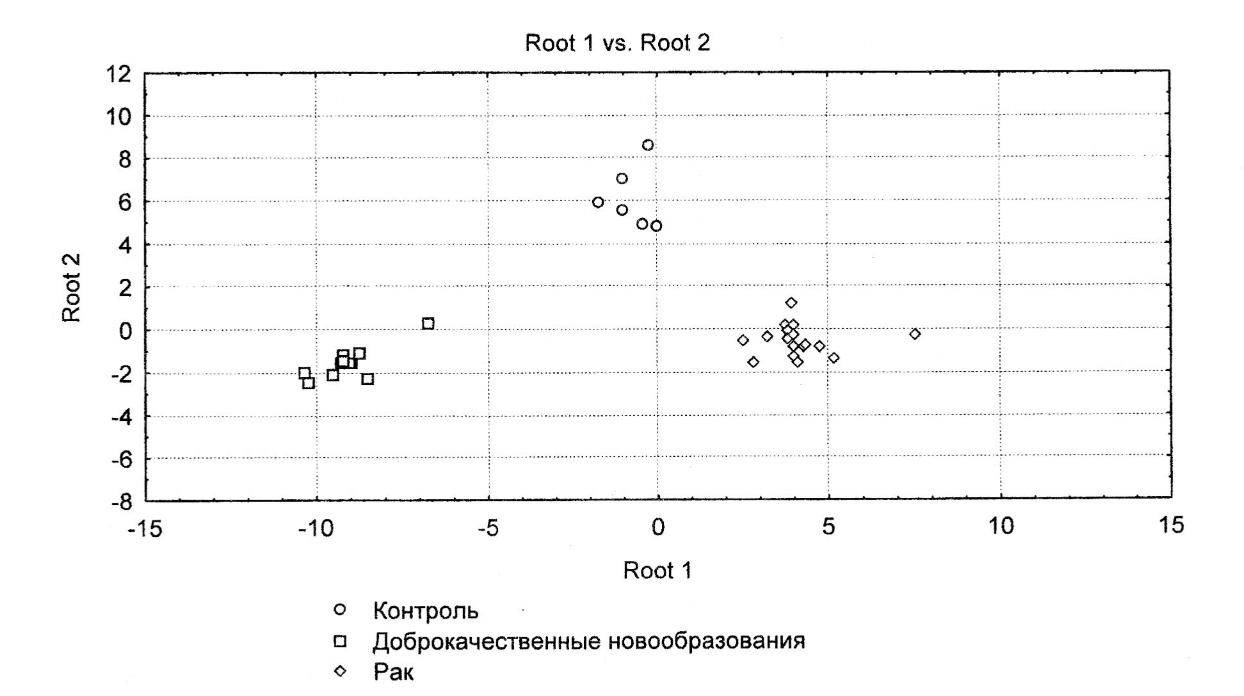


Рис.2. Положение объектов изучаемых групп в координатах первой и второй КЛДФ

На рис. 2 представлены три группы наблюдений: контроль (кружочки в верхней зоне), доброкачественные новообразования (прямоугольники в левой зоне), злокачественные новообразования (ромбы в правой зоне), злокачественные новообразования после химиолучевой терапии (ромбы в правой нижней зоне). Из рисунка видна четкая тенденция разделения объектов групп по «принадлежности» к различным патологическим состояниям. Группы обнаруживают четкое сосредоточение вокруг соответствующего центроида, с одной стороны, и значительное удаление друг от друга, с другой, показывая наличие принципиальных различий в распределении уровня ТР-показателя у больного и здорового человека.

Также приведенная картина позволяет предположить соответствующее различие в распределении уровня ТР-показателя при доброкачественных и злокачественных новообразованиях.

Заболевание (как и состояние здоровья) - индивидуальное состояние, которое является неповторимым и у каждого человека имеет свои особенности течения, развития, прогноза. Однако среди этого «индивидуализма» можно выделить характерные черты, позволяющие объединить сходные состояния на основании решающих признаков в самостоятельную нозологическую единицу (диагноз). Поэтому наблюдается тенденция к группировке наблюдений вокруг центроида «рак» или «доброкачественное новообразование» на приведенном графике. Что касается группы пациентов, подвергшихся вмешательству (химиолучевой терапии), то здесь ситуация иная. Дело в том, что любое целенаправленное вмешательство в какую-либо систему изменяет ее первоначальное состоя-

ние. Так как проводимое вмешательство характеризуется разной эффективностью, в силу различных обстоятельств (реакция опухоли, характер терапии и пр.), то наблюдаемая картина носит вполне логичный характер.

Нужно заметить, что решаемая диагностическая задача является задачей распознавания образов, где в качестве образа выступает патологический процесс, локализующийся в молочной железе, а в качестве «характеристики» образа используется распределение амплитуды ТР-показателя по областям молочной железы. Для решения подобного рода задач можно использовать статистические методы, в частности дискриминантный анализ.

Дискриминантный анализ – метод, который давно применяется в решении подобного класса задач во многих областях науки. Чтобы с его помощью было возможно корректное решение не только прямой задачи распознавания образов (классификация наблюдений), но и обратной (распознавание ранее неизвестного объекта), необходимо соблюдение некоторых условий. Во-первых, в основе дискриминантного анализа лежит предположение о нормальности распределения результатов исследования, или если еще шире – нормальности как природе присущей генеральной совокупности. Во-вторых, необходимо иметь оптимальную выборку (объем наблюдений), с максимальным охватом, всей совокупности вариации признака. В-третьих переменные, включаемые в модель, должны быть независимы, в случае высокой корреляции между ними необходимо применение специальных методик для устранения зависимостей между переменными.

Если набор достаточного количества наблюдений, в принципе, возможен, то характер распределения признака - это «генетическое» свойство признака. Существенное отклонение распределения результатов исследования от нормального влечет за собой несостоятельность алгоритмов получения решающих правил диагностики, так как используемое распределение в дискриминантном анализе (F-распределение Фишера – частный случай нормального распределения) хотя и устойчиво к небольшим отклонениям в нормальности распределения, но в случае неопределенного или неизвестного распределения следует отдать предпочтение непараметрическим методам, в частности, применить нейросетевое моделирование.

Таким образом, применяя статистические методы, возможно получить решение задачи классификации, а на основе полученных решающих правил может быть решена обратная задача – диагностика патологического состояния.

Целью второго направления являлось исследование возможности определения локализации патологического процесса. В данном направлении проводятся исследования по локализации воспалительного процесса в диагностике очаговых пневмоний. Основу данного исследования составляет анализ результатов обследования 147 пациентов с воспалительными заболеваниями легких (острые очаговые пневмонии и острые бронхиты) в возрасте от 18 до 27 лет методом ТРФ-топографии. Контрольную группу составили 36 добровольцев - слушателей Военно-медицинского института, обследованных в процессе прохождения углубленного медицинского обследования. В исследование включались пациенты с верифицированными диагнозами острой пневмонии и острого бронхита. Контроль диагностики метода ТРФ-топографии осуществлялся при параллельном использовании данных объективного обследования, лабораторных методов диагностики, рентгенологического исследования.

Обследование включало регистрацию ТР-показателя в 40 точках по передней, задней и боковой поверхностям грудной клетки.

Исследование проводилось в положении обследуемого сидя в состоянии спокойного бодрствования. Путём сканирования модулем по заданным точкам на поверхности тела снимаются уровни радиосигналов и составляется топографическая картина распределения уровней изучаемого сигнала по области грудной клетки.

С целью решения вопроса о локализации патологического процесса у пациентов с очаговой пневмонией так же были использованы методы математического моделирования, в частности, был применен дискриминантный анализ. Однако особенностью применения дискриминантного анализа в данном случае является то, что классификация состояний осуществляется с помощью линейных классификационных правил. Дело в том, что воспалительный процесс, которым охвачен сегмент легкого, не имеет резких границ. Воспалительные изменения в той или иной степени наблюдаются в смежных сегментах как реактивное проявление воспаления, или как воспаление с собственным этиологическим фактором, вследствие чего четкого визуального разделения в координатах канонических функций не может быть получено. Для решения данной задачи применена линейная дискриминационная функция. Классификация с помощью линейных дискриминационных функций осуществляется таким образом, что искомым сегментом будет тот, для которого значение ЛДФ будет максимальным.

Результаты классификации по сегменту легкого, вовлеченного в патологический процесс (воспаление), с помощью дискриминантного анализа представлены в таблице 3. Как видно из приведенной таблицы, по большинству сегментов, включенных в обучающую матрицу, имеет место безошибочная их классификация в соответствующую группу.

Таблица 3

Оценка чувствительности по решающим правилам объектов обучающей информации (локализуемый сегмент) в классификационной матрице

Сегмент	%	G_1:1	G_2:4	G_3:5	G_4:6	G_5:7	G_6:8	G_7:9
G_1:1	100,0000	4	0		0	0		0
G_2:4	100,0000	0	28		0	0		0
G_3:5	100,0000	0	0	6	0	0		0
G_4:6	100,0000	0	0		4	0		0
G_5:7	100,0000	0	0		0	8		0
G_6:8	100,0000	0	0		0	0	5	0
G_7:9	96,2963	0	1		0	0		26
Total	98,7805	4	29	6	4	8	5	26

Динамика ТР-показателей в прцессе лечения. Помимо диагностических возможностей метод позволяет оперативно отследить динамику патологического процесса, что демонстрируется на примере воспалительного процесса в легких (острая пневмония). На рис. 3 приведена показательная динамика типичного течения правосторонней очаговой нижнедолевой пневмонии (S-9) у пациента Г на кривой 1 показана динамика ТР-показателя с нижних отделов легкого (VIII межреберье по среднеподмышечной линии). На кривой 2 показана динамика ТР-показателя в верхних отделах легкого (надключичная область). На кривых 3,4 показана динамика ТР-показателя с симметричного стороне поражения отдела легкого.

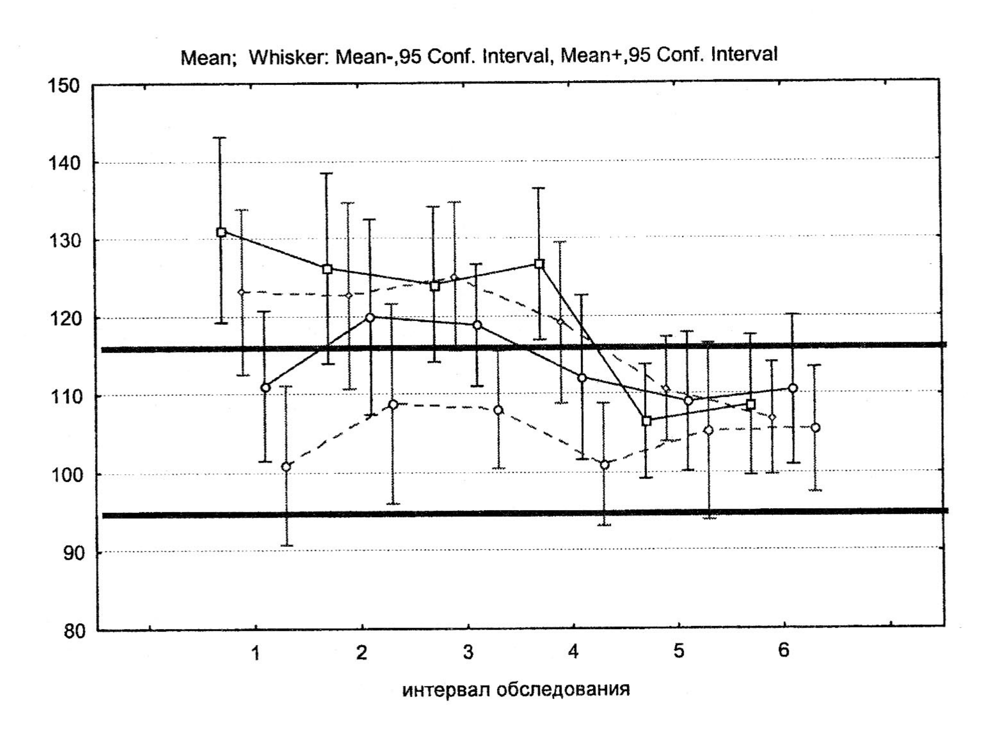


Рис.3. Динамика ТР-показателя в процессе лечения острой пневмонии у пациента Г

Начало лечения характеризовалось большим размахом колебаний ТР-показателя, значительно выходящим за границы «коридора нормы», характеризовавшийся коротким периодом этих колебаний. По мере выздоровления период колебаний увеличивается, его амплитуда уменьшается, и к моменту выписки (в среднем 21-й день) колебания его уже происходят в границах «коридора нормы» (95-115 ТР-единиц). Следует отметить тот факт, что к моменту выписки пациентов из стационара у значительного большинства обследуемых амплитуда ТР-показателя хотя и уменьшилась по сравнению с первыми сутками, однако, все еще превышала таковой в группе контроля (95-115 ТР-единиц).

Данный факт свидетельствует о том, что, несмотря на нормализацию клинико-лабораторных показателей, подкрепленную рентгенологическим исследованием, которое подтверждает разрешение пневмонии, в легочной ткани не завершен процесс восстанов-

ления после перенесенного заболевания.

Выводы

1. Разработан метод компьютерного анализа диагностических данных в ТРФ-топографии с применением математической статистики.
2. В качестве формализованных критериев диагностики могут быть использованы канонические линейные дискриминантные функции и линейные классификационные функции для установления характера патологии и локализации патологического процесса по данным ТРФ-топографии.
3. Клинически обоснована возможность дифференциации и определения локализации патологических очагов в маммологии и пульмонологии методом компьютерного анализа диагностических данных в ТРФ-топографии.
4. Продемонстрирована возможность оперативно отслеживать динамику патологического процесса и отмечена тенденция к «нормализации» уровня ТР-показателя на фоне проводимой терапии.
5. Обращено внимание, что чувствительность ТРФ-топографии к метаболическим процессам позволяет вносить коррективы в заключение о нормализации функционирования организма по стандартным клинико-лабораторным и инструментальным показателям, подтверждающим разрешение заболевания, которые по данным ТРФ-диагностики не всегда свидетельствуют о завершении процесса восстановления после перенесенного заболевания. Эта особенность метода может быть с успехом использована в клинической медицине, так как встречаются трудности как в объективной оценке разрешения патологического процесса и адекватности проводимого лечения, так и в прогнозе возможных осложнений заболевания.

🕮 Литература

1. ***Петросян В.И., Громов М.С., Власкин С.В., Благодаров А.В.*** Транс-резонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование - Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2003, №1 (29).
2. ***Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона- Радиотехника и электроника, 1995, т. 40, вып. 1.
3. ***Петросян В.И., Житенева Э.А., Гуляев Ю. В., Девятков Н.Д. , Елкин В.А., Синицын Н.И.*** Физика взаимодействия миллиметровых волн с объектами различной природы - Биомедицинская радиоэлектроника, 1996, №3 в ж. Радиотехника, 1996, №9.
4. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д. , Гуляев Ю.В., Бецкий О.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.И.*** Роль молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологических систем - Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, №5-6.
5. ***Синицын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В.*** Особая роль системы «миллиметровые волны-водная среда» в природе - Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, №1, Биомедицинская радиоэлектроника, 1999, №1, Наукоемкие технологии, 2001, т. 2, №2.
6. ***Синицын Н И., Петросян В.И., Елкин В.А.*** СПЕ-эффект - Радиотехника, 2000, №8.
7. ***Sinitsyn N.I., Petrosyan V.I., Yolkin V.A., Devyatkov N.D., Gulyaev Yu.V., Betskii O.V..*** Special Function of the "Millimeter Wavelength Waves-Aqueous Medium" System in Nature - Critical Reviews™ in Biomedical Engineering, 2000, V. 28, N. 1&2 ,
8. ***Майбородин А.В., Креницкий А.П., Бецкий О.В., Тупикин В.Д., Киричук В.Ф., Шуб Г.М., Петросян В.И., Благодаров А.В., Власкин С.В., Дубовиц-***

☞ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА "МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ"

1. К публикации принимаются материалы, не предназначенные для публикации в других изданиях.
2. Статьи представляются в виде файлов форматов *Word6, Word7 (*.doc)* на дискетах любой емкости с распечаткой в 1,5 интервала между строками (2 экз.). Их следует набирать в следующем порядке:

   название статьи;

   краткие сведения об авторах, включающие фамилию, имя, отчество и место работы,

   аннотация;

   текст статьи;

   литература;

   название, фамилии авторов и аннотация на английском языке.
3. Иллюстрации к статьям выполняются в виде отдельных файлов **форматов *Word6, Word7 (*.doc)*** и представляются на отдельных листах в двух экземплярах *(допускаются только черно-белые).* На обороте каждого листа указываются название статьи, фамилии авторов и номер иллюстрации.

   Рисунки выполняются в соответствии со следующими требованиями:

   выбирать по возможности наиболее мелкий масштаб изображения (при условии читаемости);

   буквенные и цифровые обозначения на рисунках по начертанию и размеру давать в соответствии с обозначениями в тексте статьи (см. образцы начертания символов в журнале);

   размер рисунка — не более 15×20 см, желательно в портретной ориентации;

   выносить текстовую информацию из рисунка в текст статьи или подрисуночные подписи (см.п.4).

   Не допускается включение иллюстраций в файл с текстом статьи!
4. Все иллюстрации должны сопровождаться подрисуночными подписями (не повторяющими фразы-ссылки на рисунки в тексте), включающими в себя название иллюстрации и, при необходимости, условные обозначения. Подрисуночные подписи включаются в текст статьи в виде отдельных абзацев (Рис.1,2 ... .), расположенных в предполагаемых местах размещения иллюстраций.
5. Термины и определения, единицы физических величин, употребляемые в статье, должны соответствовать действующим ГОСТам.
6. Буквы в формулах необходимо размечать карандашом в первом экземпляре по следующим правилам:

   прописные и строчные буквы, различающиеся только своими размерами, подчеркиваются двумя чертами: прописные — снизу, строчные — сверху. Нуль не подчеркивается;

   греческие буквы подчеркиваются красным, векторы — синим (стрелки не употребляются), а матрицы — зеленым цветом;

   латинские буквы подчеркиваются волнистой чертой снизу;

   употребление рукописных, готических и русских букв, а также символов следует оговаривать на полях рукописи;

   индексы и показатели степени следует отчеркивать дугами, направленными вниз или вверх соответственно для нижних и верхних индексов. Необходимо четко различать в индексах написание запятой, штриха и единицы.
7. Формулы в тексте следует нумеровать в круглых скобках (например, (2)), литературные ссылки в прямых — [2], подстрочные замечания отмечаются звездочками *.
8. При оформлении списка используемой литературы обязательно следует указывать авторов и название работы, источник, издательство, год издания, страницы.
9. На последней странице рукописи должны быть подписи всех авторов. Служебные и домашние адреса авторов с обязательным указанием почтового индекса и номеров телефонов печатаются на отдельной странице.
10. Редакция не ставит в известность авторов об изменениях и сокращениях рукописи, имеющих редакционный характер и не затрагивающих принципиальных вопросов.

Для оперативной работы редакции просим указывать в сведениях об авторах адрес Вашей электронной почты. Наш адрес E-mail:NLeb@relcom.ru

кий С.А., Мельников А.Н. Анализ молекулярных КВЧ спектров излучения нелинейных биосред, представленных моделью Мэнли-Роу - Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2004, №8.
9. ***Петросян В.И., Майбородин А.В., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.*** Резонансные свойства и структура воды - Биомедицинские технологии и радиоэлектроника (см. в данном журнале).
10. ***Петросян В.И., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаров А.В., Мельников А.Н.*** Биохимические механизмы взаимодействия ТР-радиоволн с водными и биологическими средами – Биомедицинские технологии и микроэлектроника (см. в данном журнале).
11. ***Шуб Г.М., Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Аронс Р.М.*** Собственные электромагнитные излучения микроорганизмов - Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2.
12. ***Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А.*** Люминесцентная трактовка «СПЕ-эффекта» - Радиотехника, 2000, №8.
13. ***Боровиков В.П., Боровиков И.П.*** Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows – М.: Информационно-издательский дом "Филинъ", 1997.

The computer analysis in TRF topography for differentiations and localizations of pathologic foci

Terechov I. V. , Petrosyan V.I. , Nikitina E.B., Plochov V.N., Gromov M.S., Dubovickiy S.A., Vlaskin S. V., Blagodarov A. V., Melnikov A.N.

The method of computer diagnostic data processing for principal new not loading resonance-wave diagnostic method - TRF topography has been developed. The initial linear discriminant functions and linear classification functions have been used as the formalized criteria of diagnostics for the establishment of pathology character and pathological foci localization. The opportunity of neoplasm differentiation and the diagnostics of neoplasm status after chemical and radiotherapy with the help of the method have been proved. TRF topography allows us to estimate objectively the pathological process, treatment and to forecast the possible complications.

Цена договорная **Индекс 47816**